

Eliara Riasyk Porto

**ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA RESTRIÇÃO DE  
TRÁFEGO DE VEÍCULOS DE CARGA EM AMBIENTE  
URBANO ATRAVÉS DE MICROSSIMULAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Engenharia Civil.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lenise Grando  
Goldner

Florianópolis  
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do  
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Porto, Eliara Riasyk  
ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA RESTRIÇÃO DE TRÁFEGO  
DE VEÍCULOS DE CARGA EM AMBIENTE URBANO ATRAVÉS DE  
MICROSSIMULAÇÃO / Eliara Riasyk Porto ; orientadora,  
Lenise Grando Goldner - Florianópolis, SC, 2015.  
138 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Transporte urbano de carga. 3.  
Restrição de tráfego. 4. Simulação de tráfego. I. Goldner,  
Lenise Grando. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Eliara Riasyk Porto

**ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA RESTRIÇÃO DE  
TRÁFEGO DE VEÍCULOS DE CARGA EM AMBIENTE  
URBANO ATRAVÉS DE MICROSSIMULAÇÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Civil”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

Local, 20 de Fevereiro de 2015.

---

Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto, Dr.  
Coordenador do Curso

---

Prof.<sup>a</sup> Lenise Grando Goldner, Dr.<sup>a</sup>  
Orientadora

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Vânia Barcellos Gouvêa Campos, Dr.<sup>a</sup>  
Instituto Militar de Engenharia

---

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Este trabalho é dedicado à minha família, ao meu noivo, a amigos e aos colegas de trabalho.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que durante o período do mestrado participaram de alguma forma dessa história, como na ansiedade da escolha da universidade, na procura de lugar(es) para ficar, nos momentos de lazer e descontração, me ajudando na coleta de dados, ao apoio para os momentos difíceis e, mesmo que distante, aqueles que estão felizes com essa conquista. A todos vocês meus sinceros agradecimentos, sem toda essa amizade, carinho e zelo de vocês talvez eu não tivesse chegado tão longe.

Em especial vou sempre agradecer por tudo em minha vida aos meus pais, Iara Riasyk e Elizeu Vainer do Prado Porto, por sempre me incentivarem, pela educação que me deram, por me ensinar a procurar pelas oportunidades, e principalmente por terem sempre um sorriso estampado no rosto de orgulho ao verem minhas conquistas profissionais e acadêmicas, mesmo que sejam pequenas ou simples são da “Duriazinha” deles.

Meu noivo, Francisco Dalla Rosa, não é apenas o amor da minha vida, mas também meu melhor amigo e meu parceiro de aventuras. Obrigada Amor por estar me apoiando e me incentivando a alcançar o meu melhor, você com certeza foi um dos pilares dessa conquista e por isso eu sempre vou te agradecer. Obrigada também por toda paciência, carinhos e infinitos dengos! Te amo muito!

Não menos importante agradeço a todos os parentes e amigos de Passo Fundo, sempre ansiosos com as minhas visitas e o próximo retorno, vocês sempre estão ao meu lado, me recebem com os melhores abraços e com boas e longas risadas. Amo vocês!

Aos amigos e colegas de trabalho da Secretaria de Segurança, Defesa Social e Trânsito da Prefeitura de São José, pela oportunidade de crescimento profissional, pela ajuda com a escolha do tema, pela amizade, companheirismo, risadas, incentivo, reconhecimento e, principalmente, pela confiança. Vocês são a melhor equipe de trabalho e eu tenho imenso orgulho por fazer parte e satisfação em conviver! Obrigada por tudo!

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Lenise Grando Goldner, por todo apoio, paciência e incentivo para a conclusão deste trabalho. Seus ensinamentos foram e sempre serão uma referência muito importante na minha vida profissional e acadêmica.

Ao Prof. Werner Kraus Júnior e seu orientado Lucas Zimmermann por toda a ajuda com o uso software e contribuição com a pesquisa.

Aos amigos que a UFSC me trouxe: Aline Nascimento, Elizabeth Trindade, Patrícia Tuzimoto, Clarissa Armando, Caroline Christ, Stephania Bascope, Stella Junqueira, Luc Clavier, Gabriel Neiva. Vocês são os melhores, obrigada por toda parceria nesses 3 anos! Sem vocês Florianópolis não seria a mesma!

E não poderia deixar de citar todas as pessoas que me ajudaram na coleta de dados desta pesquisa: Anderson Barreiro, Clarissa Armando, Deiko Silva, Eduardo Theiss, Eduardo Zacchi, Elizabeth Cidade, Gete Júnior, Gisele Silvério, Jéssica Cardoso, Keila Theiss, Maicol Paim, Maurício Duarte, Nicolas Melo, Patrícia Tuzimoto, Ronaldo Almeida e a Equipe do PLAMUS, através do contato com Guilherme Medeiros. Vocês foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa. Meu muitíssimo obrigado!



"Não se contente em trilhar um caminho estabelecido. Ao contrário vá para onde não há caminho algum e deixe seu rastro. Keep Walking"  
(Johnnie Walker)



## RESUMO

Com o desenvolvimento das cidades, a busca por soluções em todas as áreas de transporte passou a fazer parte dos objetivos dos gestores municipais. Uma das preocupações tem se voltado ao transporte urbano de cargas, o qual é uma atividade de extrema importância econômica para numa cidade e também causadora de conflitos locais. Como solução para diminuir tais conflitos viários, muitas cidades adotam a restrição de circulação de veículos de carga, principalmente em suas áreas centrais. Entretanto, em muitos casos existe uma dificuldade por parte da gestão municipal em implantar tais medidas de maneira eficaz. Visando colaborar com informações acerca do tema, foi escolhida a cidade de São José em Santa Catarina, para realizar um estudo de caso sobre o emprego de software de simulação como ferramenta de auxílio na tomada de decisão em relação à restrição de tráfego. O alvo principal da simulação é modelar o comportamento próprio e as interações dos elementos de um sistema, para permitir uma avaliação prévia do seu desempenho. Para essa análise foram levantadas algumas características de Polos Geradores de Viagens de Carga, que geram impactos no trânsito na região central da cidade juntamente com a malha viária de principal acesso a esses. Foram realizados levantamentos de dados no município para fomentar o modelo trabalhado no software de modo que se criassem cenários de simulação para fins de comparação entre eles. Com os cenários incluindo restrições de circulação na malha foi possível avaliar os impactos que tais medidas proporcionar ao sistema viário e, também os benefícios e prejuízos causados, assim como verificar a influência do uso do software como ferramenta de apoio ao planejamento da implantação de restrições de tráfego.

**Palavras-chave:** Transporte urbano de carga. Restrição de tráfego. Simulação de tráfego.



## **ABSTRACT**

Due the growth of cities, it has been a challenge for managers to develop different solutions to improve the efficiency of transportation system into urban areas. Many researchers have concerned on urban freight distribution operation, which is important to the economic activity of the cities and has presented some problems regarding the local traffic urban system. In order to reduce these traffic conflicts, many cities have restricted the freight circulation in different parts of their space, such as downtown area. However, to improve the urban traffic system many municipal managers have encountered several difficulties to implement the necessary changes to promote that progress. In order to contribute to this subject, the city of São José, located at southeast of Brazil, was chosen to have its case studied by a simulation software as a supporting tool in the decision of traffic restriction. The main goal of the simulation it is analyze the behavior of the local traffic system and the interaction of its elements to identify and evaluate the traffic system performance. The Freight Trip Generation characteristics, which increase traffic demand and the traffic system path of the city, have been investigated in this study. In addition, municipal data surveys was done to enable software analysis, which has allowed creating different traffic scenarios and the comparison of each other. From those scenarios was possible to observe the impacts of freight distribution restrictions on the traffic way system and the advantage/disadvantage that constraint could promote to the traffic flow, as well the influence of the use of this software as a tool to improve the traffic system and the freight distribution restrictions planning on the cities.

**Keywords:** Urban Freight. Circulation Restrict. Traffic simulation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem da tela do software Synchro.....	43
Figura 2. Imagens da tela do software Saturn. ....	44
Figura 3. Imagem do software EMME. ....	45
Figura 4. Imagem do software Dynameq. ....	47
Figura 5. Imagem do software SIRI. ....	48
Figura 6. Imagem do software Dracula.....	50
Figura 7. Imagem do software Transmodeler .....	52
Figura 8. Interface do Aimsun com a malha de um dos tutoriais disponibilizados. ....	56
Figura 9. Interseção (nó) sendo criada. ....	57
Figura 10. Visualizações 2D e 3D disponíveis no AIMSUN.....	57
Figura 11. Grupos semafóricos e movimentos em uma interseção no AIMSUN .....	58
Figura 12. Configuração de plano semafórico. ....	59
Figura 13. Séries plotadas a partir das informações personalizada em séries temporais (a- gráfico / b – seleção de dados a exibir) .....	61
Figura 14. Vias coloridas de acordo com fluxo .....	62
Figura 15. Fluxograma do método utilizado na pesquisa.....	63
Figura 16. Localização do Município de São José no Estado de Santa Catarina. ....	65
Figura 17. Localização de São José na região da Grande Florianópolis .....	66
Figura 18. Bairros avaliados (1-Praia Comprida / 2-Kobrasol / 3-Campinas) ..	67
Figura 19. Sistema viário estudado. ....	67
Figura 20. PGV's Carga selecionados para estudo.....	69
Figura 21. Malha viária principal de abastecimento dos PGV's Carga. ....	70
Figura 22. PGV's Carga selecionados para entrevista.....	76
Figura 23. Malha viária mais utilizada para a chegada aos PGV's de Carga.....	80
Figura 24. Malha viária mais utilizada para a saída aos PGV's de Carga. ....	81
Figura 25. Malha viária de influência. ....	82
Figura 26. Postos de contagem .....	83
Figura 27. Detalhamento dos postos de contagem de tráfego com a malha viária de impacto.....	84
Figura 28. Localização dos controladores utilizados da definição da hora de pico .....	86
Figura 29. Volumes de tráfego por categoria, total do mês.....	91
Figura 30. Gráfico da variação volumétrica classificada do mês de abril. ....	92
Figura 31. Gráfico da variação volumétrica classificada do mês de setembro. .	93
Figura 32. Gráfico da variação do volume diário de caminhões de cada mês, as áreas destacadas em verde referem-se aos dias da semana terça, quarta e quinta-feira. ....	95
Figura 33. Gráfico da proporção de caminhões em relação ao total de veículos, sendo o eixo das abcissas os dias da semana a iniciar na terça-feira de cada mês. ....	96

Figura 34. Comportamento mensal veicular (total e de caminhões), áreas destacadas em amarelo referem-se aos dias da semana terça, quarta e quinta-feira.....	97
Figura 35. Software Aimsun exibindo a ortofoto usada como base para criação da malha viária de estudo .....	99
Figura 36. Detalhe para a malha viária criada sobre a ortofoto. ....	99
Figura 37. Informação dos movimentos e direitos de preferência de cada nó. ....	100
Figura 38. Malha viária de estudo finalizada. ....	101
Figura 39. Criação dos estágios que compõe o grupo semaforico da interseção selecionada. ....	102
Figura 40. Plano de Controle do período das 7h as 8h, com destaque do ciclo semaforico do nó 1146. ....	102
Figura 41. Plano mestre utilizado. ....	103
Figura 42. Resumos dos cenários criados. ....	104
Figura 43. Estado de tráfego da categoria carro utilizada no 1º e 2º cenários, exibindo as informações de fluxo de entrada no sistema viário criado. ....	105
Figura 44. Estado de tráfego da categoria carro utilizada no 1º e 2º cenários, exibindo as informações de movimentos em cada nó. ....	106
Figura 45. Demanda de tráfego do 1º Cenário. ....	107
Figura 46. Demanda de tráfego do 2º Cenário. ....	107
Figura 47. Demanda de tráfego do 3º Cenário. ....	108
Figura 48. Demanda de tráfego do 4º Cenário. ....	108
Figura 49. Itens de calibração usados na simulação animada. ....	110



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais tipos de cargas movimentadas em área urbana.....	29
Tabela 2. Elementos relacionados ao transporte de carga urbana .....	30
Tabela 3. Simuladores de tráfego.....	42
Tabela 4. Quadro de respostas do Questionário 01 aplicados aos gerentes (Apêndice I). .....	77
Tabela 5. Quadro resumo das respostas do Questionário 2 aplicados aos motoristas de caminhão (Apêndice I). .....	79
Tabela 6. Relação percentual do fluxo total por hora (mês de agosto) – Localização do Radar: Rodovia BR 101 Km 208 sentido Norte – Marginal....	87
Tabela 7. Relação percentual do fluxo total por hora (mês de agosto) – Localização do Radar: Rodovia BR 101 Km 206 sentido Norte – Rodovia. ....	88
Tabela 8. Identificação da taxa de redução de fluxo da hora de pico. ....	90
Tabela 9. Valores totais de veículos registrados na BR-101 .....	91
Tabela 10. Tabela com gráfico de barras do comprimento médio de fila. ....	111
Tabela 11. Tabela com gráfico de barras da densidade.....	112
Tabela 12. Tabela com gráfico de barras da distância total viajada. ....	112
Tabela 13. Tabela com gráfico de barras da fila virtual máxima. ....	112
Tabela 14. Tabela com gráfico de barras da fila virtual média .....	113
Tabela 15. Tabela com gráfico de barras do tempo total de viagem. ....	113
Tabela 16. Tabela com gráfico de barras do tempo parado.....	113
Tabela 17. Tabela com gráfico de barras do tempo de atraso. ....	114
Tabela 18. Tabela com gráfico de barras do tempo de viagem. ....	114
Tabela 19. Tabela com gráfico de barras de velocidade. ....	114
Tabela 20. Tabela com gráfico de barras da velocidade harmônica.....	115
Tabela 21. Quadro comparativo gerado pelo software.....	115



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>23</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1. OBJETIVOS .....	24
1.1.1. Objetivo geral.....	24
1.1.2. Objetivos específicos .....	24
1.2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA.....	24
1.3. CONTEÚDO DO TRABALHO .....	25
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>27</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>27</b>
2.1. TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA .....	27
2.1.1. Características do transporte urbano de carga .....	28
2.1.2. Conflitos viários em relação à movimentação urbana de cargas .....	32
2.2. RESTRIÇÕES DE TRÁFEGO .....	33
2.2.1. Exemplos de emprego de medidas de restrição à circulação.....	36
2.3. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO .....	40
2.3.1. Softwares de simulação existentes .....	41
2.3.1.1. Modelos macroscópicos .....	42
2.3.1.2. Modelos mesoscópicos .....	46
2.3.1.3. Modelos microscópicos .....	49
2.3.2. Software utilizado no estudo - AimSun .....	52
2.3.2.1. Malha viária .....	55
2.3.2.2. Controladores de tráfego.....	58
2.3.2.3. Informações de demanda.....	59
2.3.2.4. Apresentação de resultados.....	60
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>63</b>
<b>3. MÉTODO UTILIZADO NA PESQUISA.....</b>	<b>63</b>
3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESCOLHA DO SOFTWARE.....	64
3.2. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO.....	64
3.3. SELEÇÃO DOS POLOS GERADORES DE VIAGENS.....	68
3.4. DEFINIÇÃO DA MALHA VIÁRIA.....	69
3.5. PESQUISAS DE TRÁFEGO.....	71
3.5.1. Levantamento dos padrões das viagens .....	71
3.5.2. Contagem veicular classificada.....	71
3.6. PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS.....	72
3.7. MODELAGEM DO SISTEMA EM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO.....	72
3.7.1. Validação do modelo.....	72

3.7.2. Aplicação de medidas de restrição de tráfego .....	73
3.8. ANÁLISES .....	73
3.9. CONCLUSÕES .....	73

## **CAPÍTULO 4 ..... 75**

### **4. ESTUDO DE CASO .....75**

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PGV'S DE CARGA .....	75
4.2. DETALHAMENTO DA MALHA VIÁRIA .....	80
4.3. COLETA DE DADOS DE TRÁFEGO.....	82
4.3.1. Postos de contagem .....	82
4.3.2. Definição da hora de pico.....	85
4.3.3. Definição da hora fora de pico.....	89
4.3.4. Comparação dos dados de meses diferentes .....	90
4.4. UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO NO SOFTWARE AIMSUN .....	98
4.4.1. Criação da malha viária.....	98
4.4.2. Planos semaforicos.....	101
4.4.3. Criação dos cenários.....	103
4.4.4. Dados de demanda .....	104
4.4.5. Planos de transporte coletivo .....	108
4.4.6. Validação do sistema .....	109
4.4.7. Análises dos cenários .....	111

## **CAPÍTULO 5 ..... 117**

### **5. CONCLUSÕES..... 117**

5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	119
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	120

## **REFERÊNCIAS..... 121**

## **APÊNDICE I – QUESTIONÁRIOS..... 129**

## **APÊNDICE II – PLANILHA DE CONTAGEM ..... 131**

## **APÊNDICE III – VOLUMES DA HORA DE PICO..... 133**

## **APÊNDICE IV – VOLUMES ABRIL E SETEMBRO ..... 139**

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado em muitas cidades é uma realidade no Brasil, principalmente no que corresponde ao uso e ocupação do solo. A ocupação ocorre de forma espontânea e muitas vezes de forma irregular, e como consequência observam-se nestes locais vias urbanas mal estruturadas, estreitas, sem passeio, onde pedestres circulam entre os veículos, sem condições mínimas de segurança. Além disso, não há ou há pouco planejamento sobre a maneira que será realizada a circulação de pessoas ou de cargas dentro do município como um todo, condições que agravam o problema da mobilidade urbana.

É notável que nas proximidades de estabelecimentos considerados Polos Geradores de Viagens (PGV's), que não tenham tido um bom planejamento quanto a sua implantação, situações de conflito viário, como bloqueio da via para manobras de acesso ou saída, principalmente para as operações de carga e descarga, que desencadeiam situações de congestionamento.

Em face ao crescimento urbano atual, o processo de abastecimento destes estabelecimentos, sejam industriais ou comerciais, se tornou algo indesejável para os demais usuários das vias. Isso fica evidente onde a insegurança, poluição, congestionamentos, oferta de vagas de estacionamento público, são exemplos de conflitos diários entre o transporte de carga e demais modos de transporte. Em função disso, diversos municípios têm procurado adotar medidas restritivas de tráfego para a circulação de diferentes categorias de veículos de carga, permanentemente ou em horário fixo, em busca de minimizar esses problemas.

Como a capacidade de abastecer e distribuir produtos e suprimentos de um município está diretamente relacionado ao seu desenvolvimento econômico, o modo como se dá o transporte urbano de cargas é muito importante e deve haver um planejamento de forma a minimizar os impactos e melhorar a produtividade.

Entretanto a maior dificuldade em se estabelecer medidas restritivas de circulação está na falta de informações sobre como planejá-las e executá-las mediante a imprecisão sobre as consequências positivas e negativas que tais ações poderão resultar.

Nessa linha este trabalho procura expor através da simulação os impactos que um município teria com a restrição de circulação de tráfego horária, procurando ordenar a forma como o abastecimento

deverá ser realizado, e de modo que se possa criar uma ferramenta de apoio para a tomada de decisões por parte do poder público.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é analisar as consequências geradas na circulação urbana a partir da restrição de circulação de veículos de carga em ambientes urbanos, através de microssimulação de tráfego, utilizando a malha viária do município de São José-SC como base para compor o estudo.

### 1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Levantar informações comuns sobre os PGV's de Carga selecionados, assim como dados mais atualizados de contagem veicular em São José-SC.
- Verificar o comportamento do tráfego na malha viária mediante adoção de medidas restritivas de circulação de veículos de carga;
- Relatar os impactos na circulação urbana obtidos nas análises realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa.

## 1.2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

Durante o planejamento do abastecimento de mercadorias em áreas urbanas, através do transporte de cargas, devem ser analisados diferentes fatores. Entre eles, o período permissível de circulação destes veículos, locais para realizar operações de carga/descarga, e outros. Uma das alternativas normalmente adotadas é a completa restrição de veículos de carga em determinados períodos do dia. Contudo, ao se implementar ações como essa, deve-se concomitantemente avaliar os impactos gerados de forma bastante criteriosa.

Neste intuito observa-se que uma das principais dificuldades encontradas acerca do tema, está vinculada à pouca informação disponível sobre como proceder com as restrições de tráfego, como elas

se encaixam melhor ao perfil de cada município e quais os impactos positivos e negativos a se esperar.

Este trabalho pretende avaliar como a interrupção do tráfego de cargas durante determinados períodos horários do dia pode interferir no tráfego urbano, utilizando a microssimulação como ferramenta que auxilie o planejamento de medidas que visem disciplinar o transporte de carga em áreas urbanas. Espera-se contribuir com o aumento de informações acerca do tema de transporte de cargas em áreas urbanas, de forma que, ao empregar o uso de medidas restritivas de circulação o gestor de trânsito tenha como verificar os impactos positivos e negativos que possa se ter na área urbana.

### 1.3. CONTEÚDO DO TRABALHO

No Capítulo 1 é apresentada a introdução ao tema proposto na pesquisa. Foram abordados temas sobre a circulação de transporte de carga em áreas urbanas. Apresentam-se objetivos e a importância do tema.

No Capítulo 2 mostram-se os conceitos, definições e características da movimentação de cargas em ambientes urbanos. Trata a respeito dos tipos de simulação de tráfego e o software adotado nesta pesquisa. O capítulo traz informações e modelos de restrição de tráfego aplicados em diversos locais no Brasil e em outros países.

No Capítulo 3 é exposto o método aplicado para a realização deste trabalho, como e onde serão coletadas as informações e quais as etapas a serem seguidas até a conclusão da dissertação.

No Capítulo 4 há o detalhamento do estudo de caso realizado, contendo a aplicação do método assim como os resultados obtidos em cada etapa que engloba a pesquisa.

No Capítulo 5 são expostas as considerações finais mediante os resultados obtidos com a simulação dos cenários, e a sugestão para futuros trabalhos.





## CAPÍTULO 2

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foram abordadas as principais questões que envolvem o transporte urbano de carga, como seus principais conflitos e suas principais características. Também se procurou citar medidas restritivas de tráfego existentes e mais utilizadas no Brasil assim como em outros países.

Ao final deste capítulo são expostas algumas considerações e características sobre simulação de tráfego, tipos de softwares existentes e um resumo sobre o funcionamento do software a ser utilizado neste trabalho.

#### 2.1. TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA

Hoel *et al.* (2011) definem transporte como o movimento de pessoas e bens para atender às necessidades básicas da sociedade e que a sua qualidade influencia na capacidade do desenvolvimento econômico de regiões.

O transporte de carga tem como função disponibilizar o produto transportado a outros setores da economia para diferentes finalidades, agregando valor ao mesmo (DUTRA, 2004).

Dablanc (1997) define transporte urbano de carga como “a organização do deslocamento de produtos dentro do território urbano”. Czerniak *et al.* (2000) explicam que a movimentação de carga não é um fim em si mesmo, mas sim, o reflexo físico de um processo econômico global, nacional e local.

O sistema de transporte urbano de carga, assim como os demais sistemas de transportes, tem uma função na organização e na estruturação do espaço urbano, uma vez que o crescimento e desenvolvimento das cidades ocorreram fortemente vinculados à maneira como as pessoas e mercadorias circulam no ambiente (KNEIB *et al.*, 2010)

Silva (2006) destaca que a distribuição física no espaço urbano é uma atividade complexa, pois atuam nela fatores externos imprevisíveis e fora do controle do transportador, como as condições de tráfego nas vias urbanas.

Conforme Silva (2006) nas áreas centrais das grandes cidades, o transporte de carga requer alto nível de planejamento, devido à

coexistência de diversas atividades sociais e econômicas. Silva (2006) e Portugal (2012) afirmam que a falta de planejamento da distribuição física de empreendimentos que tenham uma potencial atratividade de pessoas e necessidades de constantes operações de carga e descarga pode vir a agravar problemas de tráfego existentes ou ocasionar problemas não previstos. Em função das características de um empreendimento ele pode ser considerado um Polo Gerador de Viagens de Carga (PGV Carga) (CAMPOS *et al.*, 2012).

Martins e Caixeta (2001) explicam que a carga movimentada em meio urbano permite que se tenha uma visão do quanto as áreas urbanas não podem existir sem um massivo, confiável e sustentável fluxo de mercadorias, exigindo assim um planejamento adequado das políticas urbanas, da engenharia de tráfego ou de transportes urbanos e na configuração das cidades.

Portugal (2007), explica que sob o ponto de vista da orientação política do planejamento, o objetivo maior do transporte urbano de mercadoria é minimizar os custos sociais totais. Ogden (1992) por sua vez divide esse objetivo geral em seis outros: objetivos econômicos, de eficiência, de segurança viária, ambiental, de infraestrutura e de estrutura urbana. Segundo Ogden (1992) o equilíbrio desses objetivos por parte dos planejadores é a solução para o transporte urbano de carga.

A transferência e distribuição de bens influenciam no desempenho de praticamente todos os setores econômicos e quando este ocorre dentro do meio urbano devem-se analisar com cautela os problemas que este pode ocasionar. (CAMPOS *et al.*, 2012).

### **2.1.1. Características do transporte urbano de carga**

De acordo com MARRA (1999) a imensa variedade de usuários, veículos operadores, naturezas das viagens, tipos de cargas e processos de entrega envolvidos tornam a movimentação urbana de cargas numa atividade tão complexa quanto a de passageiros.

Os principais tipos de carga que são movimentadas em áreas urbana, contendo suas características de valor, tamanho do lote, quantidade de pontos de coleta/entrega e tamanhos dos veículos geralmente utilizados são expostos na Tabela 1.

Porém, além dos elementos descritos na Tabela 1, outros fatores, como uso e ocupação do solo, locais de carga e descarga, características da malha viária, tipo de veículos utilizados, entre outros são também destacados por GASPARINI (2008) como impactantes para a

determinação da demanda por transporte. Observando a Tabela 2 têm-se os elementos envolvidos na movimentação de carga urbana e como estes influenciam em seu aspecto operacional.

Tabela 1. Principais tipos de cargas movimentadas em área urbana

<b>Principais Cargas</b>	<b>Características</b>			
	<b>Valor da mercadoria</b>	<b>Tamanho do lote</b>	<b>Nº pontos de coleta/entrega</b>	<b>Tamanho do veículo</b>
Distribuição de cigarro	Alto	Pequeno	Muitos	Pequeno/Médio
Transporte/distribuição de medicamentos	Alto	Médio	Muitos	Pequeno/Médio
Entrega de supermercados em domicílio	Médio	Pequeno	Muitos	Médio/Grande
Transporte/distribuição de material de construção	Baixo	Grande	Muitos	Médio/Grande
Entrega de móveis	Alto	Grande	Muitos	Médio/Grande
Transporte de mudança domiciliar	Alto	Médio	Poucos	Médio/Grande
Distribuição de gás liquefeito de petróleo	Médio	Grande	Muitos	Médio/Grande
Distribuição de bebidas	Médio	Grande	Muitos	Médio/ Grande
Distribuição de alimentos	Médio	Médio	Muitos	Médio/ Grande
Transporte/distribuição para lojas de eletrodoméstico	Médio	Pequeno	Muitos	Médio/ Grande
Transporte/distribuição para lojas de departamento	Alto	Médio	Muitos	Médio/ Grande
Transporte de valores e documentos	Alto	Grande	Muitos	Médio
Transporte/distribuição para supermercados	Alto	Grande	Muitos	Grande
Transporte de carga perigosa	Médio	Grande	Poucos	Grande
Coleta de lixo urbano	Baixo	Grande	Muitos	Grande

Fonte: Portugal, 2012.

Tabela 2. Elementos relacionados ao transporte de carga urbana

<b>Tipo de Variável</b>	<b>Carga</b>	<b>Uso do solo</b>	<b>Locais de Carga/ Descarga</b>	<b>Rede Viária</b>	<b>Veículos de Carga</b>	<b>Movimento de Veículo de Carga</b>	<b>Autoridades Públicas de Trânsito e Transportes</b>
<b>Carga</b>	Diferentes características e manuseio dependendo do volume, peso, grau de periculosidade, etc.	Geração de movimentos de mercadorias	Estruturação de locais de carga e descarga e terminais de acordo com a mercadoria para melhor agilidade	Tipo do trajeto/traçado dependendo da mercadoria	Tipo de veículo e acondicionamento de acordo com o tipo de mercadoria obedecendo-se ao peso e volume máximo permitido	Dificuldades no trajeto como obstáculos ou curvas agudas podem danificar a mercadoria	Controle relacionado ao tráfego do tipo de mercadoria, seu peso, etc.
<b>Uso do solo</b>		Consideração da geração de movimentos de carga no planejamento	Definição da localização de áreas comerciais e terminais de carga	Compatibilidade da rede viária com o tipo de uso do solo	Compatibilidade entre o tipo de uso do solo e os tipos de veículos que operam no local	Geração de viagens de veículos de carga de acordo com o tipo do uso do solo	Projeto e análise conscientes no tocante a ocupação do solo para melhor controle da geração de viagens de carga
<b>Locais de Carga/ Descarga</b>			Observação de horários e limitação de horas para operação, e demora na emissão de documentos	Análise das vias de acesso aos locais de carga/descarga e terminais e locais apropriados junto ao meio-fio	Implantação de baias apropriadas de carga/descarga para melhor operação dos veículos	Dificuldades de acesso aos locais de carga/descarga	Criação de locais para carga/descarga junto ao meio-fio, definição de horários para que não haja conflito com os automóveis

Tabela 2. Elementos relacionados ao transporte de carga urbana (continuação)

<b>Tipo de Variável</b>	<b>Rede Viária</b>	<b>Veículos de Carga</b>	<b>Movimento de Veículo de Carga</b>	<b>Autoridades Públicas de Trânsito e Transportes</b>
<b>Rede Viária</b>	Capacidade da rede, sua conservação e preparo para o porte de veículos em função da demanda	Observação das características geométricas das vias adequadas aos tipos de veículos em circulação	Controle da circulação de veículos em função do peso e do volume máximos permitidos	Manutenção, conservação e controle do movimento de carga além da ampliação da rede quando necessário
<b>Veículos de Carga</b>		Veículos devem estar conservados para evitar problemas ambientais, acidentes etc.	Oferta da indústria de quantidade adequada de veículos em função da demanda	Controle do estado de conservação dos veículos circulantes visando-se a segurança
<b>Movimento de Veículo de Carga</b>			Análise da circulação em virtude das características da via	Controle da movimentação analisando o porte dos veículos além do grau de periculosidade da carga transportada
<b>Autoridades Públicas de Trânsito e Transportes</b>				Observação constante para que haja harmonia na fiscalização, adoção de medidas e resolução de problemas

Fonte: Gasparini (2008).

### 2.1.2. Conflitos viários em relação à movimentação urbana de cargas

Diversos autores alertam para a necessidade de analisar os problemas que o transporte de cargas em áreas urbanas pode gerar. Conforme as cidades evoluem economicamente é notável o aumento por demanda de operações que envolvem movimentações de carga e descarga de mercadorias em sua área urbana, refletindo também no aumento de conflitos viários urbanos. (GASPARINI, 2008).

Lima Jr. (2003) traz a abordagem do problema de movimentação de cargas em centros urbanos sob três diferentes óticas:

- I. Do operador logístico que tem sua eficiência prejudicada pelos congestionamentos e dificuldades de acesso, não conseguindo cumprir prazos e degradando sua produtividade;
- II. Do morador da cidade que tem sua qualidade de vida prejudicada pela poluição e interferências dos caminhões no local onde mora e trabalha;
- III. Do poder público que tem grande dificuldade em regulamentar e minimizar os impactos deste relacionamento carga-cidade e ao mesmo tempo garantir a continuidade das atividades econômicas dependentes destes fluxos.

Ogden (1992) enumera alguns problemas relacionados ao transporte urbano de carga:

- Congestionamentos: ocasionados pela dimensão dos veículos, pelas taxas de aceleração/desaceleração, pelas operações de carga e descarga em via pública. Tais situações afetam os custos operacionais de tempo, operação dos veículos e de acidentes;
- Deficiências na malha viária: como vias estreitas, falta de manutenção do pavimento, geometria de interseções e localização inadequadas de equipamentos urbanos e árvores;
- Projetos inadequados: dimensões geométricas de vias e de interseções incompatíveis com as características de determinados veículos de carga e sinalizações dispostas de forma incorreta.
- Disputa por espaços para operação de carga e descarga e estacionamento: provocam transtornos em função da não existência de vagas apropriadas ou a ocupação destas por outros veículos.

É comum observar o aumento de conflitos com o transporte de carga com demais operações de tráfego em cidades, como a disputa por vagas de estacionamento tanto em situações com muita oferta de vagas para carga e descarga quanto em situações onde estas são precárias; motoristas de caminhões culpam o excesso de automóveis como origem de congestionamentos e o consequente aumento dos custos operacionais; donos de indústrias ressentem do mesmo problema, pois o excesso de tráfego impede o bom funcionamento de estratégias logísticas; pedestres encaram os caminhões como responsáveis pelos níveis elevados de ruído e poluição, assim como moradores de áreas residenciais; caminhoneiros são grandes vilões para os engenheiros responsáveis pela pavimentação de vias urbanas; estes são apenas alguns dos exemplos típicos de conflitos no sistema de cargas urbanas. (MARRA, 1999)

## 2.2. RESTRIÇÕES DE TRÁFEGO

Entre meados da década de 1970 e meados da década de 1990, os problemas originados pelo transporte de mercadorias em áreas urbanas não detinham a devida atenção necessária sobre a forma que esta ocorre dentro das cidades. Essa situação mudou recentemente, existindo um interesse crescente pela logística urbana e, em particular, nas áreas centrais (ALLEN, THORNE e BROWNE, 2007).

Em estudos de gestão de transportes se tem a restrição ao trânsito como medida de impor, de alguma forma, a redução ao uso de determinado veículo, principalmente o automóvel, interferindo significativamente na escolha da modalidade de transporte, visando a redução de congestionamentos. Quando aplicadas em conjunto com medidas de incentivo à utilização do transporte público e de controle do uso do solo, podem ser uma política coerente de intervenção (LANDMANN, 1994, apud CRUZ 2006).

Medidas de gerenciamento de tráfego e de demanda são soluções aplicáveis e necessárias às políticas de mobilidade urbana, e em casos onde ampliações da infraestrutura viária não podem ser executadas as aplicações dessas medidas são de extrema importância. (FIGUEIREDO, 2013).

Violato e Sanches (2001) definem medidas de gestão da demanda como um conjunto de estratégias utilizadas, em políticas de transportes, que visam tentar reduzir o uso do automóvel nas cidades ou transferir esta demanda para outros modos de transporte. Entre as medidas de gestão que Violato e Sanches (2001) pesquisaram, a restrição à

circulação de automóveis apareceu como uma solução aplicável a problemas de transporte em cidades de porte médio.

Conforme Violato e Sanches (2001) a restrição à circulação de automóveis pode ser dividida em dois tipos:

- Restrição por área - que proíbe o acesso de veículos a uma determinada área de atividade intensa;
- Restrição por tempo - que pode restringir o uso do automóvel durante alguns períodos do dia ou em alguns dias da semana.

Conforme May (1986) e Landmann (1994 apud Cruz 2006) o uso de medidas de restrição ao trânsito podem contribuir para:

- O aumento da eficiência dos sistemas de transporte: na disputa que existe pelo espaço viário, qualquer veículo adicional em vias que se encontram com a sua capacidade limite pode aumentar significativamente o tempo de percurso e os custos da viagem. Com a inclusão de medidas restritivas é possível garantir redução dos conflitos decorrentes desta disputa;
- A redução da necessidade de novos investimentos em infraestrutura de transportes;
- Melhoria da qualidade ambiental: com a diminuição de veículos circulando há ganhos para todos os usuários da via, incluindo pedestres. Há menos exposição a poluição atmosférica e sonora; a visibilidade do trânsito melhora; e o tempo de deterioração da via diminui se o trânsito intenso for minimizado com a restrição. Entretanto, a melhoria dos efeitos ambientais serem totais há necessidade de uma restrição de maior impacto que a implantada apenas com objetivo de redução de congestionamentos;
- Melhoria da qualidade do uso do solo: a restrição pode ser utilizada como um modo de revitalizar o centro das cidades. Entretanto, medidas de restrição podem dar a impressão que o centro é menos acessível, causando efeito inverso ao desejado;
- Aumento de receitas: caso haja a renda obtida pela imposição de medidas de restrição, como cobrança pelo uso da via ou pelo estacionamento, essa pode ser revertida em melhorias no transporte público.
- Distribuição dos benefícios vinculados aos investimentos públicos no setor de transporte: a maior crítica aos



controles fiscais refere-se aos efeitos negativos de maiores impactos. É importante identificar separadamente os efeitos da restrição por tipo de usuário, por localização, por nível de renda, por propósito ou necessidade de viagem;

Cruz (2006) alerta que para um sistema de controle consiga atingir sua eficácia deve seguir seus objetivos de maneira consistente e confiável para todos os usuários da via, caso contrário resultará em insatisfação por parte dos diversos atores que interagem com o sistema viário.

Para a escolha do sistema devem ser considerados os seguintes requisitos (MAY, 1986; LANDMANN apud CRUZ, 2006):

- Credibilidade: o sistema deve apresentar qualidade nos serviços, ser robusto e confiável, tanto para os trabalhadores do sistema, para os agentes fiscalizadores e operadores, como também aos olhos da comunidade, dos políticos e do usuário;
- Seletividade: o sistema deve ser seletivo, atingindo o público a que se destina. Deve permitir a exceção a certos grupos de usuários quando necessário;
- Eficácia: o sistema deve ser efetivo em atingir seus objetivos, mesmo havendo interface com vários tipos de sistemas ou de usuários.
- Flexibilidade: muitas formas de controle devem poder ser implantadas dentro de um mesmo sistema, adequando-se à necessidade. A flexibilidade permite a evolução de uma restrição simples para uma operação mais complexa, com diversidade de restrições em relação às exceções, horários etc. Permite adicionar novas tecnologias e maximizar os benefícios pela integração com sistemas existentes;
- Simplicidade: o sistema deve ser de fácil compreensão tanto ao usuário, evitando perda de tempo e formação de filas, como ao operador, que deve fiscalizar adequadamente;
- Controle: o sistema deve evitar a transferência do objeto de restrição para outras áreas ou locais indesejados ou que possam gerar efeitos indesejáveis.

### 2.2.1. Exemplos de emprego de medidas de restrição à circulação

Cruz (2006) explica que a restrição à circulação consiste em proibir o trânsito ou limitar o acesso de certos veículos a áreas pré-definidas, geralmente com altos níveis de congestionamento como grandes centros urbanos, ou ainda, restringir o uso de veículos em alguns períodos do dia. Em geral, fazem parte de um conjunto de medidas elaboradas para atingir objetivos de gestão de trânsito no centro das cidades.

Em 2003 a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) realizou um estudo sobre os desafios do século XXI para o transporte urbano de cargas. Neste estudo são expostos diversos exemplos de medidas de restrição de circulação adotadas no mundo, e alguns destes são descritos a seguir.

Na Bélgica, em Bruxelas uma medida proibitiva de circulação de tráfego de veículos de carga de grande porte no centro e em outras partes da cidade, como zonas residenciais, está sendo estudada. Em alguns centros urbanos desse país, entregas de produtos seriam autorizadas apenas por algumas horas durante a manhã, fora do horário comercial. Na cidade de Antuérpia é aplicado janelas de tempo para entregas no centro da cidade. Além disso, os caminhões mais de 7,5 toneladas, não podem entrar no centro histórico. (OECD, 2003)

Na República Checa, as autoridades locais estão autorizadas a estabelecer as condições para o acesso de veículos de carga no centro da cidade. O principal objetivo desta medida é preservar o centro da cidade do tráfego pesado e regulamentar a circulação de veículos de carga no centro durante o horário de pico. Por exemplo, em Praga, existem duas zonas de acesso restrito - Centro Interior e Centro. No Centro Interior, restringe-se o acesso aos veículos com peso total superior a 3,5 toneladas, de segunda a sexta (8 às 18 horas). Já no Centro a restrição se aplica aos veículos com peso igual ou superior a 6 toneladas, entretanto em ambos os casos admite-se exceções desde que o veículo tenha uma licença emitida pela prefeitura. Outras cidades do país, com população entre aproximadamente 20.000 e 400.000 habitantes, também estabeleceram esquemas de acesso ao centro da cidade. (OECD, 2003)

Na Dinamarca, a legislação permite que os municípios suspendam as regras de trânsito em áreas específicas e por um período de tempo limitado, com alusão aos objetivos ambientais ("zonas ambientais"). Por exemplo, o município de Aarhus dentro deste regime de zona ambiental planeja-se utilizar as ruas apenas por pedestres, proibindo qualquer tipo de entrega por veículos que pesam mais de 6

toneladas. Em Copenhague, um sistema de certificação obrigatória foi introduzido no centro da cidade medieval, com requisitos de utilização de capacidade e tecnologia de motores. (OECD, 2003)

Na França, as autoridades locais estabelecem medidas de restrição em cidades com população superior a 30.000 habitantes. Na capital Paris, foi introduzido um regime de acesso em 1991. Os veículos que ocupam menos de 16m<sup>2</sup> tem acesso restrito apenas em estradas denominadas de “vermelhas” e em corredores de ônibus das 7h:30m às 9h:30m e das 16h:30m às 19h:30m, nas demais o acesso é livre; os que ocupam entre 16m<sup>2</sup> e 24m<sup>2</sup> acrescenta a restrição de realizar entregas das 16h:30m às 19h:30m; e veículos maiores de 24m<sup>2</sup> estão autorizados a transitar pela cidade no período noturno, de 19h:30m até às 7h:30m. Uma proposta está sendo elaborada para dedicar pistas especiais ou pistas compartilhadas entre o transporte público e o transporte de mercadorias em determinadas rotas em Paris. (OECD, 2003)

Na Alemanha, a legislação ambiental permite às cidades proibir ou reduzir o tráfego devido às emissões específicas (poluição atmosférica). Um exemplo de uma abordagem global para reduzir as emissões através da utilização de um quadro geral é o Luftreinhalteplan Stuttgart. Quando as emissões excedem um determinado nível, são tomadas várias medidas dependendo das circunstâncias. Tais medidas incluem sinalização temporária, limites de velocidade reduzidos e reordenação de rotas de caminhões. Outras medidas, como o fechamento de rotas específicas para o tráfego e limitar o acesso da cidade para caminhões das 10h às 16h estão sendo consideradas, mas ainda não recebeu um acordo político. Nas cidades de Bremen, Cottbus, Düsseldorf e Dortmund, rotas especiais para o tráfego de mercadorias foram implantadas. (OECD, 2003)

Em Barcelona, na Espanha, veículos de entrega são proibidos de circular na cidade durante determinados horários. Este sistema possui uma fiscalização digital por câmeras. (OECD, 2003)

No Reino Unido, o tráfego de mercadorias em áreas urbanas é regulamentado em muitas maneiras diferentes. Em Londres, o Esquema de Controle de Caminhões de Londres (*London Lorry Control Scheme*) entrou em vigor em 1985. Este restringe a circulação de caminhões com mais de 18 toneladas no fim de semana e inclui quase todas as estradas londrinas, exceto para veículos com licenças especiais. (OECD, 2003)

Em Seul, na Coreia do Sul, desde 1979, todos os caminhões com mais de 2,5 toneladas foram proibidos de circular dentro da área central. Contudo, há regras complexas que permitem alguns acessos em rotas específicas, mas o objetivo geral é a de concentrar as chegadas e

partidas de caminhões durante o período noturno, quando o volume de tráfego é relativamente menor. (OECD, 2003)

Em Los Angeles, nos Estados Unidos, uma portaria sobre restrições de caminhões em períodos de pico foi elaborada em 1991. O principal objetivo é a redução de emissões de poluentes atmosféricos gerados por caminhões pesados e auxiliar na melhoria da qualidade do ar, tendo em vista as normas da Lei Federal do Ar Limpo (Clean Air Act), que protege e preserva a saúde pública e bem-estar. (OECD, 2003)

No Brasil, conforme o Código de Trânsito Brasileiro compete aos órgãos e entidades executivos de trânsito dos Municípios, no âmbito de sua circunscrição, planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos, de pedestres e de animais. Inclui-se, também, planejar e implantar medidas para redução da circulação de veículos e reorientação do tráfego, com o objetivo de diminuir a emissão global de poluentes. Ou seja, os municípios integrantes do Sistema Nacional de Trânsito tem as ferramentas legais necessárias para implementar medidas regulamentadoras de restrição de circulação conforme diretrizes do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. (DENATRAN, 2014)

Em função da complexidade que a restrição possa vir a ter, das características de cada cidade e o impacto sobre o planejamento logístico dos transportadores, normalmente os municípios optam por realizar decretos ou leis explicando e determinando como ocorrerá a circulação de veículos de carga dentro da área urbana.

Através do Decreto Municipal nº 33.272, de 11 de junho de 1993, foi criado a ZMRC – Zona de Máxima Restrição de Carga em São Paulo-SP, que estabeleceu normas para o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no município. Após alguns estudos e modificações, a área de restrição foi ampliada, passando de 25 para 100 km<sup>2</sup>, o período horário de proibição também sofre alterações, observando os horários de pico e finais de semana. Além da ZMRC, a circulação de caminhões em São Paulo deve respeitar a Zona Especial de Restrição de Circulação (ZERC), as Zonas Exclusivamente Residenciais (ZER's) e as Vias Estruturais Restritas (VER), a fim de promover condições de segurança e/ou qualidade ambiental. Para garantir a logística de distribuição, na área definida pela ZMRC, a prefeitura de São Paulo permitiu a circulação dos chamados: Veículo Urbano de Carga (VUC) e Veículos Leve de Carga (VLC), por meio do Decreto nº 37.185 de 20 de novembro de 1997. (CET-SP, 2014)

Na cidade do Rio de Janeiro, qualquer tipo de veículo com características de transporte de carga são proibidos de circularem ou

executarem operação de carga e descarga das 6 às 10 horas e das 17 às 20 horas, dos dias úteis, no interior da área delimitada pela orla marítima e em diversas ruas definidas pela Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro. (Decreto nº 29.231/2008)

Em Curitiba, no Paraná, a Portaria 111 de 2010 cria a Zona de Tráfego de Cargas ZTC/Linha Verde. Os horários de tráfego de caminhões nesta área foram definidos pela Portaria 073 de 2011 na qual os caminhões com carga acima de 7 toneladas não podem circular das 7 às 10 horas e das 17 às 20 horas nos dias úteis. Nos finais de semana, os veículos podem circular normalmente. A ZTC/Linha Verde foi criada com o intuito de permitir ao município melhor controle e fiscalização do transporte de cargas, buscando compatibilizar o fluxo de pedestres, transporte coletivo, cargas, serviços, informações e transporte individual. (URBS, 2014)

Em Porto Alegre no Rio Grande do Sul, o trânsito de caminhões com Peso Bruto Total (PBT) acima de 10 toneladas, ou comprimento superior a sete metros, está proibido no centro, de segunda a sexta-feira, das 7 às 19 horas, e aos sábados, das 7 às 14 horas, apenas em determinadas vias não há restrição (EPTC, 2014).

Em Florianópolis, cidade que faz divisa com São José, em Santa Catarina, recentemente a Prefeitura criou o Decreto Nº 11.942, de 1º de agosto de 2013, onde disciplina a circulação de caminhões e operações de carga e descarga em áreas específicas. Nessas áreas ficou proibido o trânsito de caminhões e o estacionamento de veículos em operação de carga e descarga de segunda a sexta- feira das 6 às 9 horas e das 17 às 20 horas; e aos sábados das 10 às 14 horas. (Decreto nº 11.942/2013)

Com base nas pesquisas sobre as restrições à circulação de automóveis aplicados em diversas cidades do Brasil, e até mesmo em outros países, ambos os tipos descritos por Violato e Sanches (2001), por área ou por período, são amplamente aplicados ao tráfego de caminhões. A escolha entre um e outro depende muito das características locais e de deslocamento de cada região e, ainda, podem ser aplicadas de forma conjunta.

## 2.3. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Atualmente a utilização de ferramentas que possibilitem a simulação de cenários e a realização de diagnósticos prévios tem se tornado cada vez mais comum. Dentro das áreas em que se estuda o comportamento do tráfego isso não é diferente. Em meio a complexidade do sistema urbano de trânsito e transportes, a possibilidade de criar diversos cenários e permitir a análise de impactos positivos e negativos, mediante aplicação de intervenções, se tornou uma necessidade para o bom planejamento. (POYARES, 2000).

Os modelos mais atualizados de simuladores permitem a representação de redes viárias de grande porte e fazem a alocação do tráfego utilizando ainda diferentes meios de transportes, ou seja, podem-se fazer estudos alternativos de meios de transportes, mudanças geométricas nas vias, etc. (COHEN, 1977; LANVERLY, 1981 apud PORTUGAL, 2005).

Portugal (2005) explica que os modelos de simulação, por suas características de aleatoriedade, incorporam a variabilidade da demanda ao longo do tempo, o que lhes confere um maior poder de representatividade. Sua grande versatilidade permite que se detalhe o modelo o quanto se queira.

Ao se criar um modelo de simulação é dispendido um esforço relativamente grande, entretanto, quando este já está desenvolvido, abre possibilidade para representar muitas situações alternativas de projeto em pouco tempo e a baixo custo (POYARES, 2000). No caso de estudos de tráfego, existem três tipos de simulações que são utilizados, estes são definidas por Portugal (2005), da seguinte maneira:

*Macroscópica* – desenvolvida por Greenberg, Lighthill, Withlan e Richards, o fluxo de tráfego é concebido como um fluido, onde a individualidade dos veículos é desprezada, sendo a modelagem baseada em equações usadas na descrição do fenômeno de ondas de choque. Tal enfoque apresenta vantagem computacional sob o ponto de vista de espaço para memória e velocidade de execução, porém os modelos são menos flexíveis e pouco detalhados.

*Mesoscópica* – os modelos formam uma classe intermediária quanto ao realismo e detalhamento. Os veículos são agrupados em pelotões e tratados desta forma quanto a tamanho, localização, velocidade e aceleração. São normalmente

utilizados em redes semaforicas e procuram explicar a deformação destes pelotões ao longo do tempo e do espaço com base na Teoria da Dispersão de Fluxos de Tráfego.

*Microscópica* – fundamentação teórica originada por Reuchel e Pipies, década de 50, e mais recentemente a Kometano, Sasaki, Herman, que formularam e aprimoraram as Leis de Sequência ou de Perseguição, entre os veículos. Os veículos são tratados de forma individualizada, sendo os modelos tão detalhados quanto for o seu propósito. Cada veículo conserva, individualmente, todas as características de interesse para o sistema.

A seleção da técnica mais apropriada se dá em função da adequada compreensão do problema que se pretende estudar, de sua natureza e magnitude. O conhecimento das ferramentas existentes de suas potencialidades e restrições indicarão a melhor solução e técnica a se adotar (PORTUGAL, 2005).

### **2.3.1. Softwares de simulação existentes**

Neste item são abordados alguns softwares existentes conforme o tipo de modelo que cada simulador trabalha. Em suas descrições contém informações retiradas dos sites dos desenvolvedores e/ou fornecedores, assim como relato de pesquisadores.

Na tabela abaixo tem a lista de softwares aqui descritos, como a identificação do desenvolvedor, separados por tipo de modelo de simulação.

Tabela 3. Simuladores de tráfego

Nome do software	Desenvolvedor e/ou Fornecedor
<b>Macroscópico</b>	
Synchro	Trafficware
Saturn	<i>Institute for Transport Studies , University of Leeds (Grã-Bretanha)</i>
EMME ( <i>Equilibre Multimodal / Multimodal Equilibrium</i> )	Inro
<b>Mesoscópico</b>	
Dynameq	Inro
Transyt	TRL ( <i>UK's Transport Research Laboratory</i> )
Siri	CET-SP
<b>Microscópico</b>	
Sim Traffic	Trafficware
TRAF-NETSIM	FHWA ( <i>Federal Highway Administration</i> )
Dracula	<i>Institute for Transport Studies , University of Leeds (Grã-Bretanha)</i>
Vissim	Universidade de Karlsruhe, Alemanha
<b>Macroscópico, mesoscópico, microscópico e híbrido.</b>	
TransModeler	Caliper
Aimsun	TSS

Fonte: acervo próprio.

### 2.3.1.1. Modelos macroscópicos

#### ▪ SYNCHRO

Conforme o desenvolvedor, *Trafficware* (2015), é um software fácil de utilizar, permitindo ao usuário adaptar o layout das janelas de navegação assim como as ferramentas ao seu modo de trabalho.

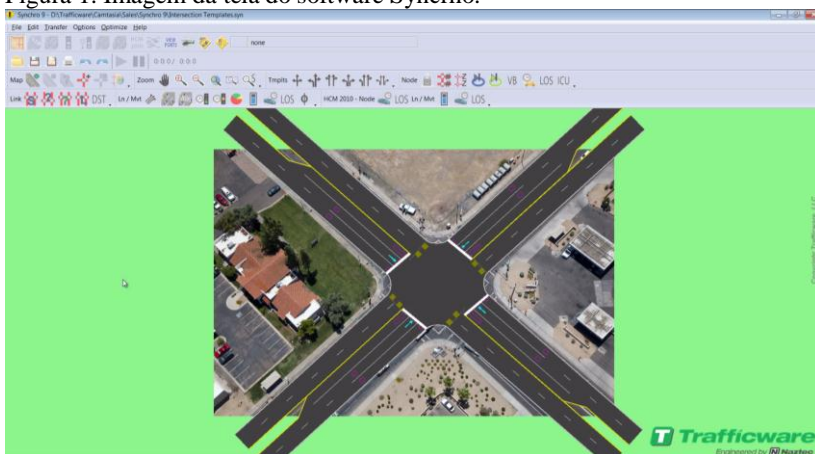
Ele trabalha com a otimização de tempos semafóricos além de realizar análise de capacidade de interseções (The Traffic Group, Inc, 2014). Ele pode realizar tais otimizações semafóricas de forma isolada em cruzamentos, ou coordenar planos de controle para vias arteriais ou redes viárias (SABRA; WALLACE e LIN, 2000).

Ele possibilita o uso da metodologia do *Highway Capacity Manual* (HCM) 2000 e 2010 para interseções semaforizados e rótulas. E também utiliza o método de *Intersection Capacity Utilization* (ICU) para determinar capacidades. (*Trafficware*, 2015)



Conforme o desenvolvedor, este software contém um modelo simplificado para a simulação da emissão de poluentes lançados pelos veículos na rede. Ele estima a emissão de poluentes dos veículos assumindo valores do consumo de combustível, que é calculado em função da quilometragem, do atraso total em veículos-horas/horas e das paradas totais em paradas/hora. Então o consumo de combustível é multiplicado por fatores de ajustes, que varia conforme o tipo de poluente, e assim estimam-se as emissões oriundas dos veículos. (ROUPHAIL, *et al.* 2001)

Figura 1. Imagem da tela do software Synchro.



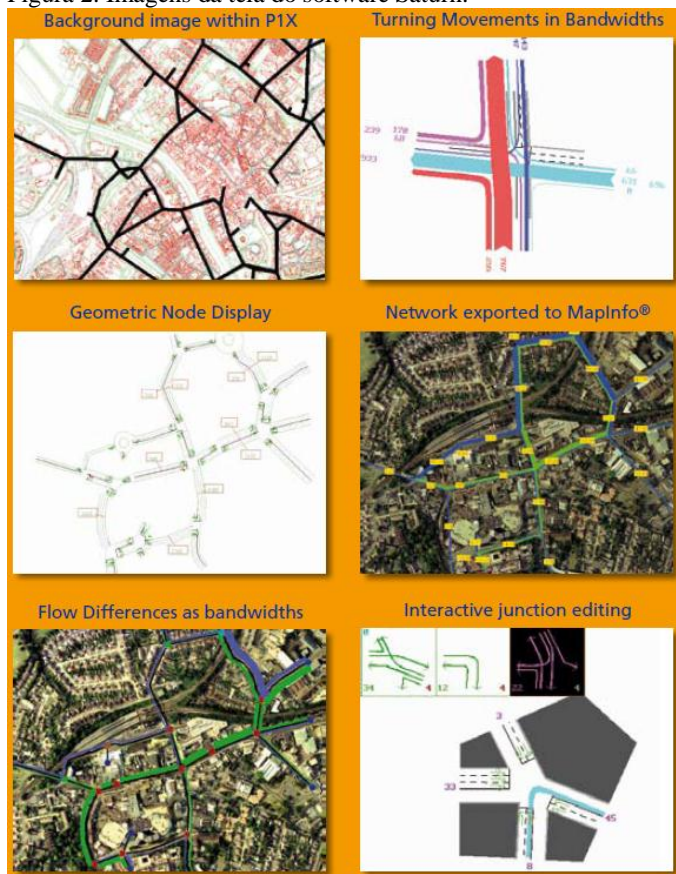
Fonte: Website do Trafficware, 2015.

#### ▪ SATURN

O simulador de tráfego Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks (SATURN) foi desenvolvido pelo Instituto de Estudos em Transportes na Universidade de Leeds (Grã-Bretanha) sob responsabilidade de Dirk Van Vliet, e é considerado um dos modelos de simulação mais bem sucedidos e utilizados. O modelo tem as funções de analisar e avaliar esquemas de gerenciamento de tráfego em redes, envolvendo a operação de transporte público, efeitos de pedágio, restrições a automóveis, moderação do tráfego e medidas de segurança. A modelagem estratégica é baseada em curvas de velocidade e fluxo, podendo simular centros de cidades, pequenas áreas ou simplesmente uma interseção (RIBEIRO, 2009).

Na estrutura de execução os módulos de alocação e simulação são independentes e operam alternadamente, num processo iterativo e convergente. A estrutura básica exige dois conjuntos de dados: a descrição da rede viária e a quantificação da demanda na forma de matriz origem-destino. A rede viária é formada por um conjunto de nós e arcos representando, respectivamente, as interseções e os segmentos viários entre interseções adjacentes. Os dados envolvem: o controle de tráfego (relações de prioridade ou programação semafórica), as restrições de conversões, fluxos de saturação nas conversões, número de faixas, e a velocidade de cruzeiro em cada arco (TEIXEIRA, 2006, PORTUGAL, 2005).

Figura 2. Imagens da tela do software Saturn.



Fonte: Website do SaturnSoftware, 2015.

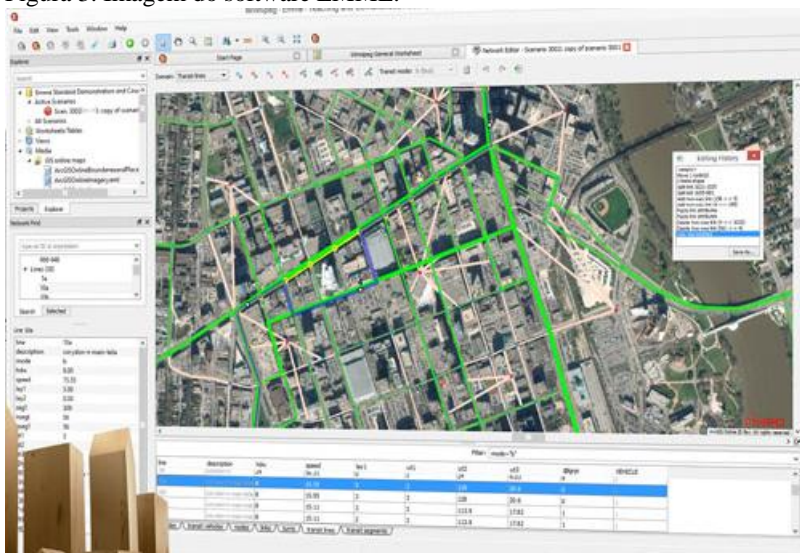
- EMMÉ/2:

O simulador de tráfego *Equilibre Multimodal / Multimodal Equilibrium* (EMME/2), foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisa de Transportes da Universidade de Montreal por Michael Florian e Heinz Spiez, e é utilizado para planejamento de transportes de um modo geral, abrangendo automóveis, ônibus, caminhões, trem, bicicleta e caminhada. (PORTUGAL, 2005)

O simulador oferece ao técnico um conjunto de ferramentas capaz de modelar uma rede consistente, analisando e avaliando a demanda na rede criada, além de poder validar, calibrar e implementar comparações de alternativas. É utilizado para analisar problemas de transportes, desde estudos viários interurbanos até estudos de transporte público urbano incluindo situações de multimodalidade estabelecidas pelo usuário. (TEIXEIRA, 2006).

É um software que atende a diversas necessidades dos usuários, incluindo a escolha da multimodalidade e também quanto à capacidade de representar em ambiente gráfico redes de transportes (INRO SOFTWARE, 2015).

Figura 3. Imagem do software EMME.



Fonte: Website do Inro Software, 2015.

As características gerais do pacote EMME/2 são: flexibilidade na manipulação de matrizes, permitindo a distribuição, geração de viagens

e modelos de repartição modal; sofisticada modelagem de redes multimodais para processar informações viárias e de transporte público; algoritmo de alocação de vias com intuito de facilitar as alocações equilibradas, incluindo atrasos nas interseções e repartição modal; algoritmo de alocação de transporte coletivo com múltiplas rotas; capacidade de integrar as velocidades do transporte público e do automóvel particular para ser usada em procedimentos com alocação dupla; e alta resolução gráfica. (SOUSA, 2004).

Os resultados podem ser tratados livremente, possibilitando praticamente qualquer combinação das variáveis de dados tanto da oferta quanto da demanda, além de uma série de ferramentas que auxiliam a criação de relatórios e saídas gráficas que permitem melhor análise das alternativas. Esta liberdade garante ao EMME a aplicação de qualquer algoritmo para a obtenção de resultados variados, como emissão de poluentes, consumo de combustível, cálculo de custos operacionais, níveis de serviço, etc (INRO SOFTWARE, 2015).

### **2.3.1.2. Modelos mesoscópicos**

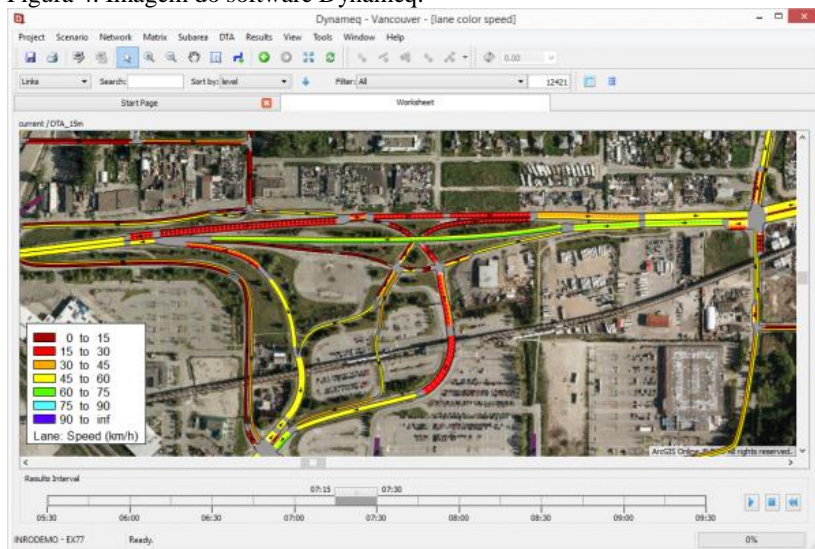
#### **▪ DYNAMEQ**

Conforme o desenvolvedor, Inro (2015), este software permite uma variedade de aplicações, incluindo estratégias de diminuição de congestionamentos, gestão de corredores exclusivos, projetos de trânsito, estudos de impacto de tráfego, modelo de emissões, planejamento de eventos, entre outros.

Ele fornece uma simulação de tráfego que move veículos individuais e capta efeitos baseados em pista com mais detalhes do que outras abordagens mesoscópicas (INRO, 2015).

Ele captura congestionamentos causados em semáforos, conflitos de movimentos em interseções, capacidade de vias, trocas de faixa e veículos pesados (INRO, 2015).

Figura 4. Imagem do software Dynameq.



Fonte: Website do Inro Software, 2015.

#### ■ TRANSYT

O simulador *Traffic Network Study Tool* (TRANSYT) foi escrito em FORTRAN IV. Na área de Engenharia de Tráfego, o TRANSYT é um dos simuladores de tráfego mais conhecidos e usados. O TRANSYT é composto de um modelo mesoscópico determinístico de simulação de tráfego e de um algoritmo heurístico de minimização, cuja função objetivo utilizada é uma combinação linear do número de paradas e do atraso sofrido pelos veículos nas diversas aproximações da rede de interseções semaforizadas (OLIVEIRA, 1997 *apud* TEIXEIRA, 2006).

O modelo utilizado pelo TRANSYT representa o comportamento do tráfego, para um ciclo médio, em uma rede onde a maioria das interseções são controladas por semáforos operando em tempo fixo. Para simular o comportamento em apenas um ciclo, todos os valores de fluxo fornecidos devem refletir condições médias para o período de demanda em estudo. A base do modelo de simulação é a representação dos padrões cíclicos de tráfego que representam as taxas médias de chegada em unidades de carro de passeio (UCP) para pequenos intervalos do ciclo para cada link. Esses intervalos são os passos (*steps*) que dividem o ciclo em períodos de igual duração e para os quais são determinados

todos os valores utilizados no processo (VINCENT *et al*, 1980, OLIVEIRA, 1997 *apud* TEIXEIRA, 2006).

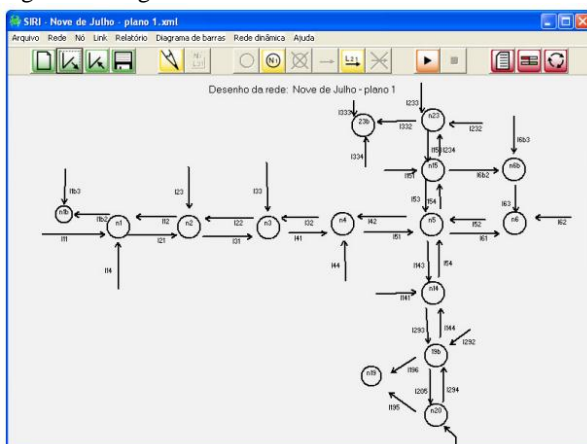
Os dados básicos de entrada são: tempo de ciclo para a rede, número de passos por ciclo, tempo total de simulação, tempos de reação dos motoristas no início e fim de verde, valores de custos para o índice de desempenho, listas de nós a ser otimizados utilizados, programações de semáforos, lista de arcos com máximo de dois quilômetros, pesos de paradas e atrasos, fluxo de saturação, fator de dispersão de pelotões, fluxo de entrada, velocidade, tempo médio de parada de ônibus e fator de dispersão (PORTUGAL, 2005).

## ▪ SIRI

A CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) de São Paulo desenvolveu o software Siri - Simulador de Redes de Semáforos em 2004, cuja função é calcular o tempo de ciclo, tempos de verde e defasagens de uma rede de semáforos com o objetivo de diminuir os tempos de espera e obter menor o número de paradas possível dos veículos, respeitando as condições da segurança viária (VILANOVA, 2009).

Vilanova (2009) explica que o Siri é um simulador mesoscópico, pois os veículos não são considerados como elementos discretos e com particularidades individuais, mas sim, componentes de um fluido contínuo que percorre as vias da rede.

Figura 5. Imagem do software SIRI.



Fonte: Vilanova, 2009.

### 2.3.1.3. Modelos microscópicos

- SIM TRAFFIC

Conforme o desenvolvedor, *Trafficware* (2015), este software realiza microssimulação e animação de tráfego de veículos e incluindo o tráfego de pedestres. Os veículos são modelados de forma individuais. Ele permite a consideração de interseções sinalizadas ou não, bem como seções de vias com carros, caminhões, pedestres e ônibus.

A animação é exibida ao mesmo tempo em que a simulação é realizada. A entrada de dados é intuitiva e qualquer conjunto de dados criado com Synchro pode ser usado para executar simulações dentro SimTraffic. Ao contrário Synchro, o SimTraffic mede o impacto total da fila e bloqueio. (*Trafficware*, 2015).

- TRAF-NETSIM

O simulador de tráfego TRAF - NETSIM foi desenvolvido pela Federal Highway Administration (FHWA) e tem sofrido constantes aperfeiçoamentos desde a sua primeira versão proposta em 1971. O programa foi originado da integração de dois modelos: TRAF (sistema de simulação do tráfego) e o NETSIM (programa de simulação de redes urbanas). O respectivo modelo apresenta limitações estocástica e microscópica com capacidade de avaliar os efeitos do controle de tráfego, abrangendo desde uma simples interseção, assistida por sinais do tipo “PARE”, até redes de tráfego monitoradas em tempo real. O simulador modela a operação dos ônibus e o efeito de paradas, manobras para estacionamento, bloqueio de interseções e outros eventos da operação de tráfego em alto grau de detalhamento. Os veículos são representados individualmente e o desempenho operacional é determinado a cada segundo. Cada veículo é identificado pela sua categoria, entre quatro possíveis (automóvel, ônibus, caminhão e *carpool*), e pelo seu tipo, existindo até nove diferentes tipos de veículos com diferentes características operacionais e de desempenho. O ambiente de simulação é representado por uma rede compreendendo nós e links, em que os primeiros representam as interseções e os segundos as vias urbanas. Como saída, o modelo apresenta medidas de eficiência (representadas por indicadores de desempenho tais como: velocidade, fluxo, densidade, atraso, fila, movimentos de giro, entre outros), consumo estimado de combustível, emissão de diversos poluentes (PORTUGAL, 2005).



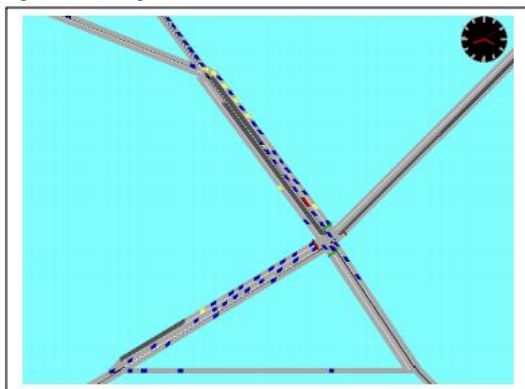
## ▪ DRACULA

O simulador de tráfego Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation (DRACULA) foi desenvolvido pela Universidade de Leeds (Grã-Bretanha) desde 1993, para redes e trabalhando com matrizes O/D. O modelo DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation) é um simulador de tráfego microscópico e estocástico, que representa o movimento dos veículos através de rotas pré-especificadas. A evolução dos veículos ao longo da rede é estimada através de modelos de car-following (perseguição de veículos) e lane-changing, (mudança de faixas) considerando o comportamento desejado dos motoristas, a sinalização e o controle nas interseções e arcos (PORTUGAL, 2005).

O DRACULA exige três conjuntos de dados de entrada: descrição da rede viária, demanda de tráfego e características dos veículos e motoristas. A formatação do arquivo de descrição de rede do DRACULA é compatível com o SATURN. (TEIXEIRA, 2006)

Os serviços de ônibus são representados em termos das rotas e das frequências, das paradas de ônibus ao longo do percurso e das faixas exclusivas de ônibus, caso existam. A demanda de passageiros para os serviços de ônibus representa a taxa do fluxo de passageiros embarcando por hora em cada parada de ônibus. Também é possível especificar diferentes horários de embarques para as categorias de passageiros: aqueles que possuem um passe de ônibus ou cartão magnético, passageiros pagando a passagem a bordo com a quantia exata ou não, etc. (TEIXEIRA, 2006).

Figura 6. Imagem do software Dracula



Fonte: Dracula 2.4 *User's Manual* (2007).



## ▪ VISSIM

O simulador de tráfego VISSIM corresponde a um módulo do software TPS VISION. Este software foi desenvolvido pela Universidade de Karlsruhe na Alemanha e permite simular uma grande variedade de tipos de vias e transportes urbanos, os fluxos da rede são lançados através de matrizes O/ D ou com proporções de giros nas interseções para cada tipo de veículo modelado, permitindo então a alocação de tráfego na rede montada que pode simular redes integradas de vias expressas, vias urbanas com qualquer composição de tráfego, tais como, ônibus, trens, veículos, pedestres e bicicletas (PORTUGAL, 2005).

O usuário inicia a montagem da rede, através de uma interface amigável gráfica oferecida pelo simulador, que modela interseções com prioridade, de tempos fixos ou atuado pelo tráfego, rotatórias e rampas de vias expressas. “O VISSIM usa as Leis de Perseguição no modelo de comportamento desenvolvido por Wiedemann em 1974, e o conceito básico deste modelo, é que os motoristas dos veículos mais rápidos começam a desacelerar até atingir a sua percepção individual do limite dos veículos mais lentos. Como os mais rápidos não podem determinar exatamente a velocidade dos mais lentos, sua velocidade cai abaixo desta velocidade o que os obriga a acelerar delicadamente até atingir outra percepção de limite. O resultado é um processo interativo de aceleração e desaceleração” (MOREIRA, 2005).

O modelo tem uma potente ferramenta para animação em 3D, que permite a diferenciação dos diversos tipos de veículos representados, assim como, alterar o ângulo de visualização durante a apresentação (PORTUGAL, 2005).

Furtado (2013) escolheu este software em sua dissertação sobre a análise do impacto de transporte urbano de carga sobre a operação em área urbana. Sobre o software ele constatou a importância do software permitir a alteração de alguns padrões para ajustar à situação observada

No que diz respeito à tecnologia veicular, apesar de ser possível modificar, no VISSIM, as configurações/tipologia dos caminhões, o software não avalia o raio de giro destes e acaba permitindo conversões equivocadas (FURTADO, 2013).

## ▪ TRANSMODELER

O desenvolvedor do software, Caliper (2015), afirma que é possível simular todos os tipos de rede viária permitindo a inserção de

grande nível de detalhamento. Este software permite modelar e visualizar o comportamento de sistemas complexos de tráfego em ambiente GIS 2-dimensional ou 3-dimensional para ilustrar e avaliar a dinâmica do fluxo de tráfego, tempos semafóricos e desempenho geral da rede.

É possível simular cenários que envolvam a permissão ou proibição de estacionamento, já que o software inclui a avaliação do comportamento do estacionamento na simulação (Caliper, 2015).

Este software também lida com simulação mesoscópica, híbrida e macroscópica. (Caliper, 2015).

Figura 7. Imagem do software Transmodeler



Fonte: Website do Caliper, 2015.

### 2.3.2. Software utilizado no estudo - AimSun

O software AIMSUN (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*) possui três componentes que permitem simulações dinâmicas, os simuladores microscópico, o mesoscópico e o híbrido. Eles podem lidar com diferentes redes de tráfego: malhas urbanas, rodovias, freeways, rótulas, vias arteriais e suas combinações.

Segundo o desenvolvedor, o Aimsun permite realizar avaliações de operações de tráfego de qualquer escala e complexidade. O Aimsun permite também a fusão de modelagem da demanda de viagens, alocação de tráfego estático e dinâmico com simulações mesoscópicas, microscópicas e híbridas em um único software com alta velocidade (AIMSUN, 2014).

O software é atual e amplamente utilizado. Segundo o fabricante, existem mais de 3000 usuários licenciados, entre eles universidades e entidades governamentais (AIMSUN, 2014). Em nível acadêmico,

Tavares (2011), Vilarinho (2008) e Barceló, (2010) o elegeram para suas simulações.

Conforme o site do desenvolvedor do software (TSS, 2015) as aplicações mais comuns deste software/ programa são:

- Avaliação e otimização de esquemas de sinalização prioritária de trânsito (*Priority Transit Signal* (TSP)) e trânsito rápido de ônibus (*Bus Rapid Transit* (BRT));
- Estudos de viabilidade de vias de alta ocupação do veículo (*High Vehicle Occupation* (HOV)) e de vias de Alta Ocupação de pedágio (*High Occupancy Toll* (HOT));
- Análise do impacto de projetos de infraestrutura, tais como a melhoria ou construção de corredor rodoviário;
- Análise do impacto ambiental;
- Preços de pedágio e de estradas;
- Avaliação das estratégias de gestão da demanda de viagens (*Travel Demand Management* (TDM));
- Otimização do plano de controle da sinalização (interação AIMSUN-TRANSYT) e avaliação de controle adaptativo;
- Análise de segurança;
- Avaliação das políticas de velocidades variáveis e outros sistemas de transporte inteligentes (*Intelligent Transportation Systems* (ITS));
- Análise de capacidade da rodovia (*Highway Capacity Manual* (HCM));
- Gestão da zona de trabalho (*Workzone*).

O microssimulador segue uma abordagem de simulação microscópica. Isto significa que o comportamento de deslocamento de cada veículo na malha viária é continuamente modelado durante o período de tempo de simulação. O simulador Microscópico do AIMSUN permite uma modelagem altamente detalhada do tráfego de rede, ele faz uma distinção entre os diferentes tipos de veículos e condutores, permite uma ampla gama de geometrias de rede a serem tratados, e também pode modelar incidentes, manobras conflitantes, etc. A maioria dos equipamentos presentes em uma rede de tráfego real também pode ser modelada no microssimulador, tais como: semáforos, detectores de tráfego, painéis de mensagem variável, dispositivos de medição de rampa, etc.

O modelo consiste em taxas de aceleração e desaceleração e é influenciado pelo tipo de motorista, pelas as características da via e pela

influência dos veículos nas faixas adjacentes. Supõe-se que se um veículo percorre livremente a via, ele tentará a atingir máxima velocidade, que dependerá do tipo de veículo em questão e da velocidade máxima da via. A desaceleração corresponde à limitação de ter que seguir o carro líder (BARCELÓ, 2010).

O processo de simulação feito pelo Aimsun pode ser compreendido como diversas fatias de tempo com adicionais eventos agendados. A cada intervalo de tempo, a simulação atualiza itens que não dependem de outras atividades, como os semáforos. Em seguida, um conjunto de repetições inicia para atualizar entidades como vias, intersecções e veículos e, por último, são inseridos novos veículos e os dados de relatórios. Cada veículo é tratado individualmente e contém atributos comportamentais, dados a eles quando entram no sistema, permanecendo constantes durante todo o translado.

Os veículos quando executam o movimento longitudinal obedecem ao modelo *car-following*. A cada passo da simulação, a posição e a velocidade de cada veículo é atualizada, respeitando o seguinte critério: se é necessário trocar de faixa então o modelo de troca é efetuada, caso contrário, aplica-se o modelo *car-following*. Complementando este modelo, existe a influência das faixas adjacentes, isto é, quando um veículo está sozinho percorrendo a seção, com veículos lentos na faixa de menor velocidade ao lado, este ganha um aumento na sua velocidade.

O modelo de troca de faixa também foi proposto por Gipps. Este modelo é uma aproximação do comportamento do motorista, através da decisão: é necessário ou desejável trocar de faixa? Cada vez que um veículo é atualizado, a resposta depende da distância até a próxima curva e das condições de trânsito. Também é analisado se há benefício nesta troca, como aumento de velocidade na outra faixa ou uma fila menor. Por último é analisado se existe espaço para esta troca e se é possível efetuar-la com segurança (BARCELÓ, 2010).

O software AIMSUN tal como outros modelos de micro-simulação requer como dados de entrada relativos à oferta: a geometria da rede (extensão, largura e número de intersecções), os elementos de controle, tipo de estradas e vias. Para definir a demanda são necessários dados relativos à entrada de veículos na rede, as suas proporções de movimento, as linhas de transportes públicos e os tipos e classes de veículos (VILARINHO, 2008).

O software fornece como produtos representações gráficas animadas do trânsito ou do desempenho da rede, assim como dados

estatísticos, em 2D e 3D e também os dados fornecidos (contagens, ocupação, velocidade).

Com base nos tutoriais e manuais fornecidos pelo desenvolvedor do software é apresentado a seguir um resumo das principais etapas para iniciar a utilização do software, como criação da malha, inserção dos dados e representação dos resultados.

### **2.3.2.1. Malha viária**

Ao iniciar um novo projeto, existe a opção de utilizar modelos pré-definidos que isentam definições básicas, como a largura da via, existência de acostamento, permitir ultrapassagens, entre outras. Estas podem ser elaboradas uma única vez, sem sofrer alterações contínuas. Modelos de veículos também estão pré-configurados, como o gráfico do veículo padrão, aceleração máxima, tempo para frear, etc. Há ainda, a possibilidade de iniciar um projeto completamente novo.

Para construir um modelo de simulação de transportes no AIMSUN é necessário adquirir informações da infraestrutura, como os formatos das vias, o sentido de circulação, o número de faixas, a existência de faixa exclusiva para determinada categoria veicular, as permissões de conversão em cada intersecção e inclusive os cruzamentos de pedestres se for necessário esta análise. O programa também oferece um amplo conjunto de opções para o usuário definir o transporte público.

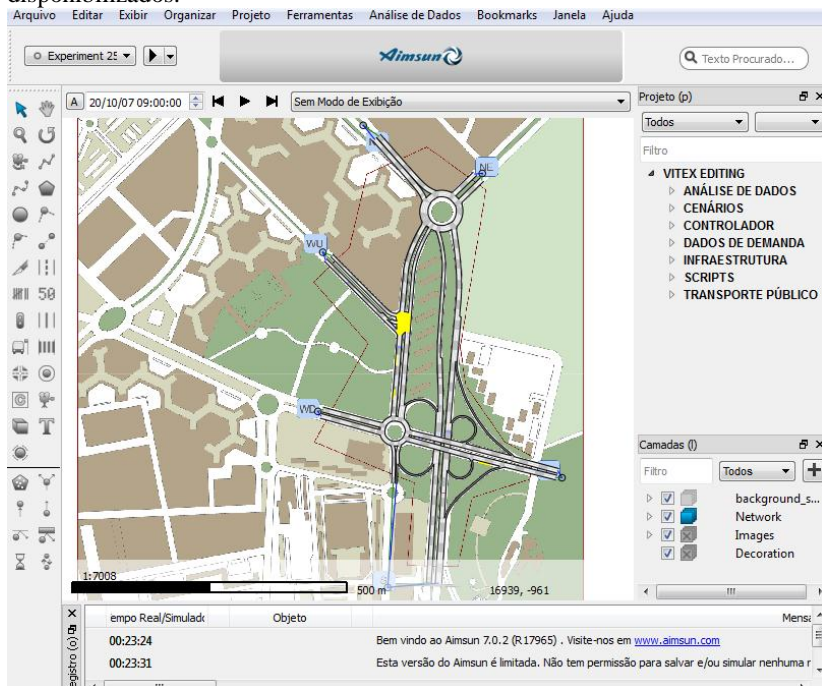
O AIMSUN suporta os seguintes formatos de arquivos para ser importado:

- Imagens aéreas, como PNG, JPG, BMP, GIF, SVG, SID e TIFF;
- Modelos 3D, como 3dsmax 3DS;
- CAD, como AutoCAD DWG ou DXF;
- GIS, como OpenGIS GML, GPX e Google KML;
- Mapas digitais de GPS como os arquivos de mapa Navteq;
- Formatos de outras aplicações como VISUM, VISSIM, PARAMICS, TRANSYT e SYNCHRO.

Os arquivos de imagens e CAD apenas podem ser utilizados como pano de fundo do desenvolvimento da topologia, enquanto os arquivos provenientes de outros simuladores podem criar uma malha viária completa. Ainda assim, é necessário fazer alguns ajustes nos parâmetros que somente o AIMSUN possui.

A interface gráfica permite definir todos os itens necessários para configurar a malha viária escolhida, como vias, intersecções, pontos de ônibus, etc. A tela inicial do software apresenta opções que auxiliam o usuário mais inexperiente. O programa dispõe de tutorial (Figura 8) e documento auxiliares, onde constam os passos envolvidos no processo de edição de uma malha, inserção de dados de demanda, aplicações de interferências no tráfego, entre outras situações diversas que podem ser inseridas conforme a necessidade do usuário.

Figura 8. Interface do Aimsun com a malha de um dos tutoriais disponibilizados.

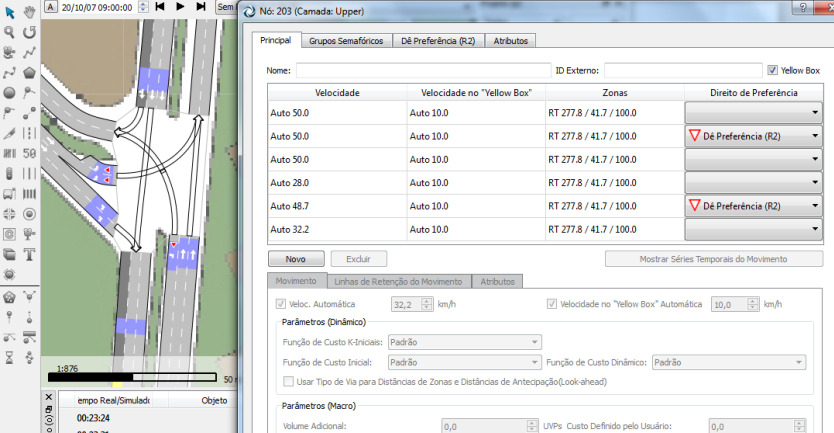


Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – *Exercises tutorial*

Deve-se escolher o pano de fundo para ter de base para a construção da malha viária. Em seguida as vias são inseridas com a ferramenta “Criar uma seção”, e as intersecções são criadas com a ferramenta “Criar um nó”. A Figura 9 ilustra a criação de um nó, exibindo as conexões criadas. O sistema ilustra o caminho que o veículo vai percorrer através de setas dos movimentos, que podem ser editadas

quanto ao seu ângulo de curvatura. Para evitar colisões é necessário definir alguma via como preferencial ou inserir um semáforo.

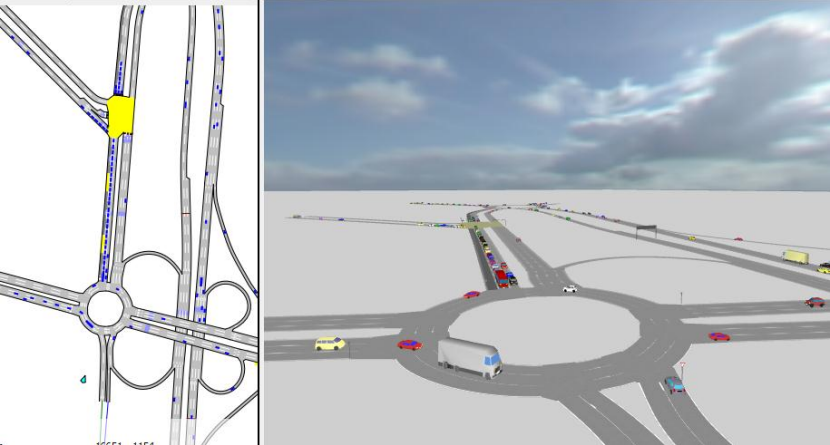
Figura 9. Interseção (nó) sendo criada.



Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercises tutorial

A interface de construção de malhas viárias auxilia nas diversas tarefas da modelagem, o software possui outros atributos, como criar camadas de rodovias com a possibilidade de sobrepô-las, os comandos copiar e colar, e acesso aos atalhos das ferramentas pelo teclado. A Figura 10 ilustra as visualizações 2D e 3D de uma simulação.

Figura 10. Visualizações 2D e 3D disponíveis no AIMSUN

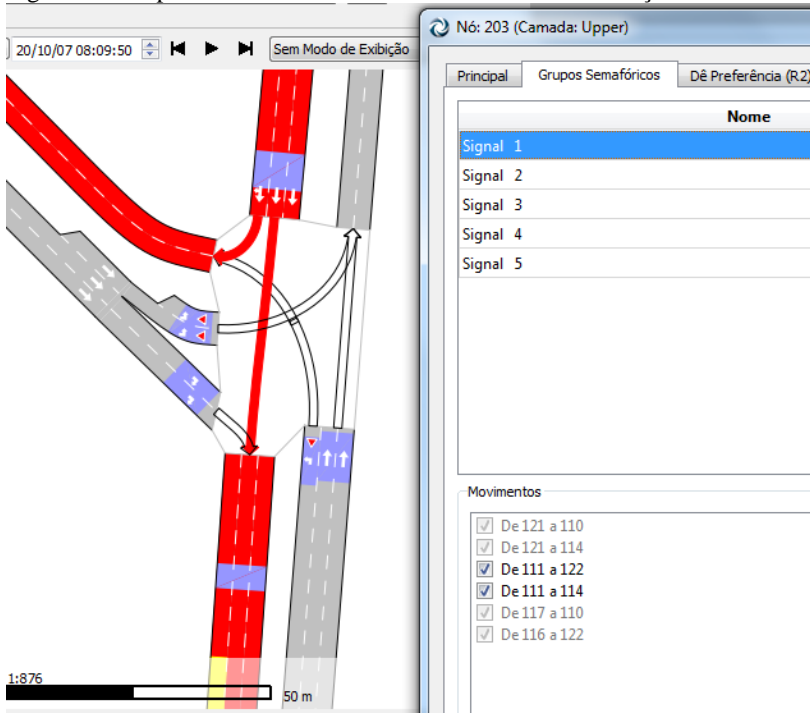


Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercises tutorial

### 2.3.2.2. Controladores de tráfego

No AIMSUN cada nó permite a inserção de semáforos. A aba grupo semafóricos, nas configurações do nó, habilita a inclusão de movimentos permitidos em grupos. A Figura 11 ilustra a seleção de um grupo que permite somente dois movimentos.

Figura 11. Grupos semafóricos e movimentos em uma intersecção no AIMSUN



Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercices tutorial

Os semáforos podem ser fixos ou atuados dinamicamente, dependendo das condições de tráfego. Cada semáforo deve ser configurado com o tempo de início e duração de cada plano, o tamanho do ciclo, a duração da fase amarela e os grupos associados em cada nó. Este plano de controle é configurado para um ou mais nós selecionados. A Figura 12 exibe um exemplo de plano semafórico.

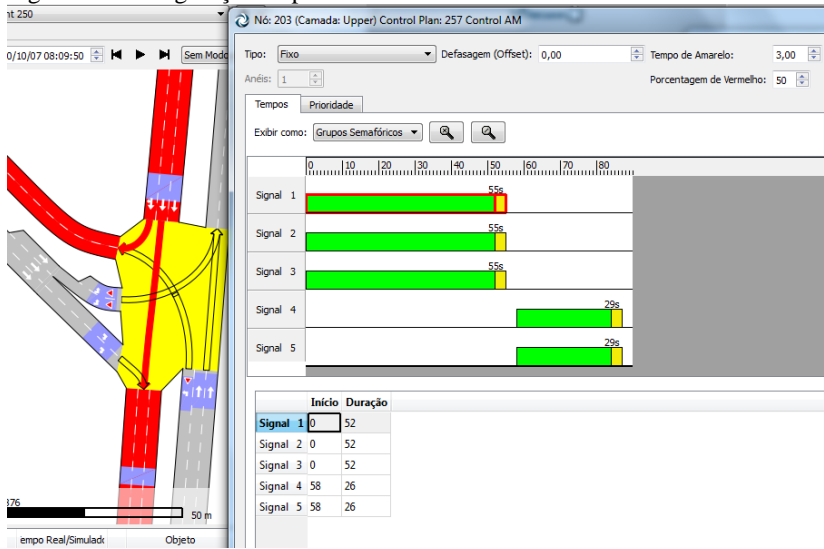
Os controles dinâmicos podem ser modelados utilizando detectores virtuais, que simulam os detectores de laço indutivo do mundo real. A interfase auxilia o usuário na programação de uma lógica



de controle baseada nos padrões NEMA, SCATS, UTOPIA, VS-PLUS, SICE e SCOOT.

Caso a intenção é programar um controle customizado, a API (Interface de Programação da Aplicação) do AIMSUN fornece a comunicação entre a lógica e o simulador.

Figura 12. Configuração de plano semafórico.



Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercises tutorial

2.3.2.3. Informações de demanda

O AIMSUN suporta como opções de demanda de tráfego, matrizes Origem/Destino ou estados de tráfego. Ao utilizar a matriz OD, é necessário possuir o zoneamento das áreas modeladas para correta inserção dos chamados centróides. Estes centróides são como pontos de entrada e saída de veículos da simulação. O usuário deve separar as matrizes em diferentes tipos de veículos e utilizar frações de tempo. A interface para definir matrizes OD permite cópias entre programas de planilhas eletrônicas ou diretamente de um banco de dados.

Caso o usuário opte por trabalhar com os estados de tráfego, que são os injetores e coletores de veículos dos demais softwares, deve-se informar o horário que aquela situação se refere, o tipo de veículo, os valores dos fluxos de entrada de cada seção aberta e os valores de movimento realizado em cada nó em percentuais ou valores de fluxo.

Este tipo de simulação exige grande informação de dados, ou seja, aumenta a dificuldade em quando se há cenários complexos. Quando não é inserida a informação de movimentos de uma interseção o software divide em iguais valores percentuais para cada movimento de uma interseção, e dependendo da situação pode não representar a realidade, por isso esse tipo de dados de demanda exige atenção do programador.

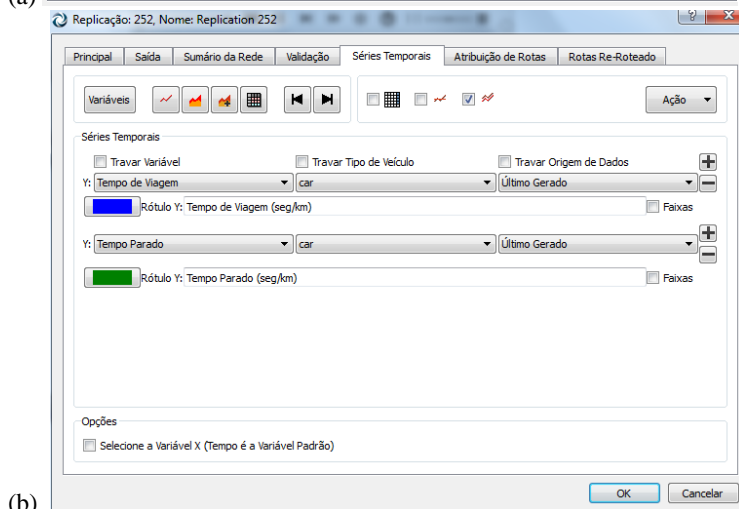
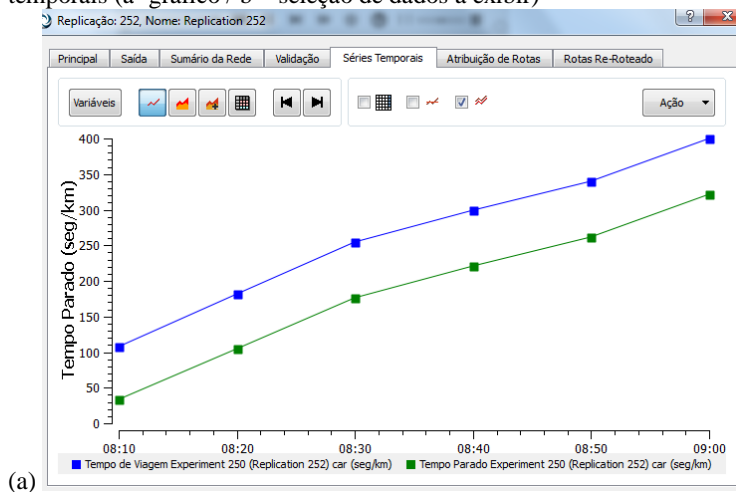
Ainda há ferramentas de verificação automática que conferem se os modelos implementados estão corretos. Verificam, por exemplo, se as vias estão conectadas ou se um par O/D possui um caminho que não pode ser atingido.

#### **2.3.2.4. Apresentação de resultados**

Os resultados podem ser visualizados dentro do próprio software em tempo real, ou seja, os valores se alteram ao longo da simulação. Assim, pode-se acompanhar um veículo e visualizar todas as variáveis sendo processadas. Estes dados podem ser integrados ao banco de dados. Ao final da simulação, o software oferece um sumário com todos os valores processados, que podem ser acessados a qualquer momento através da aba Séries Temporais, presente em qualquer entidade da malha viária após a simulação.

Portanto, após a simulação é possível escolher uma determinada via e saber todas as informações a respeito dela, possui ainda, opções pra fazer médias e desvios. Esta ferramenta inclui gráficos, tabelas e a possibilidade de configurar quais critérios se quer definir para a pesquisa. A Figura 13 apresenta um gráfico gerado a partir da consulta realizada nas séries temporais.

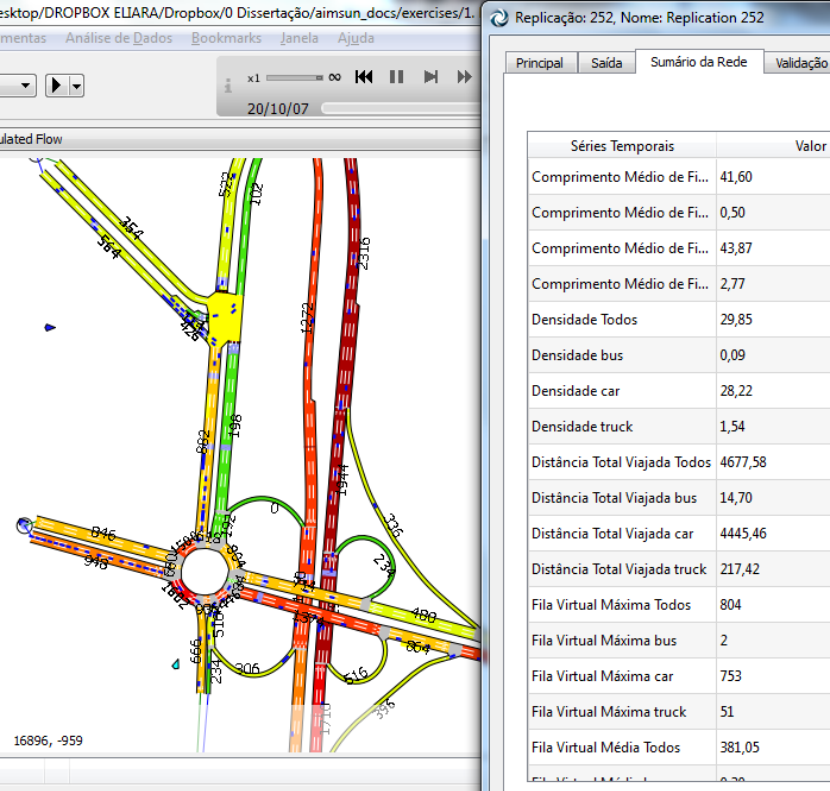
Figura 13. Séries plotadas a partir das informações personalizada em séries temporais (a- gráfico / b – seleção de dados a exibir)



Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercises tutorial

Pode-se, ainda, configurar novas maneiras de visualizar a simulação. As vias e veículos podem ficar coloridos ou mostrar legendas de acordo com as escolhas feitas. A Figura 14 ilustra uma visualização padrão, no caso, as vias coloridas conforme o fluxo.

Figura 14. Vias coloridas de acordo com fluxo



Fonte: TSS - Software Aimsun 7.0 – Exercises tutorial

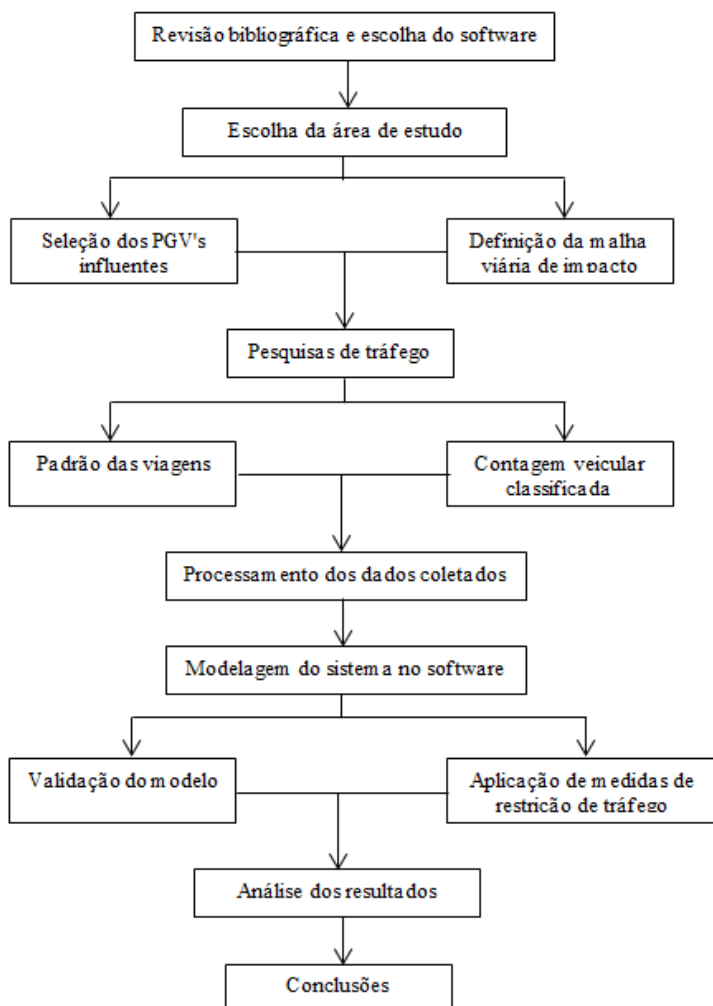
Com base nas informações do banco de dados, nos gráficos e nas ilustrações do comportamento do fluxo é possível realizar as análises de cada cenário criado, tendo o programador ferramentas necessárias para fazer comparações entre eles e tirar demais conclusões conforme o foco da investigação.

## CAPÍTULO 3

### 3. MÉTODO UTILIZADO NA PESQUISA

As etapas que compreendem o método utilizado na pesquisa podem ser avaliadas pelo fluxograma apresentado na Figura 15 e as suas descrições como segue.

Figura 15. Fluxograma do método utilizado na pesquisa



### 3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESCOLHA DO SOFTWARE

Para estruturar o tema proposto, foi necessário conhecer o assunto e o que vem sendo desenvolvido por demais pesquisadores, dessa forma foram consultados trabalhos nacionais e internacionais em artigos científicos, teses, dissertações, revistas técnicas e na internet.

Foi pesquisado temas em relação ao uso de simuladores em problemas de engenharia de tráfego em ambientes urbanos; procurou-se conhecer as medidas de restrição de tráfego existentes, como são aplicadas e seus principais objetivos de aplicação; e, verificar como o assunto de transportes de cargas em meio urbano tem sido tratado em meio a tantos problemas de locomoção e conflitos viários.

Também, com base na revisão somada a disponibilidade de softwares na Universidade Federal de Santa Catarina, foi definido o software de simulação que seria usado para trabalhar a problemática proposta. Dessa forma, procurou-se utilizar o Aimsun por possuir uma interface mais atrativa contando com um sistema atualizado de modelagem. Ainda, não menos importante na tomada de decisão, havia na Universidade Federal de Santa Catarina mais usuários deste software, o que auxiliava no aprendizado do uso do mesmo.

### 3.2. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

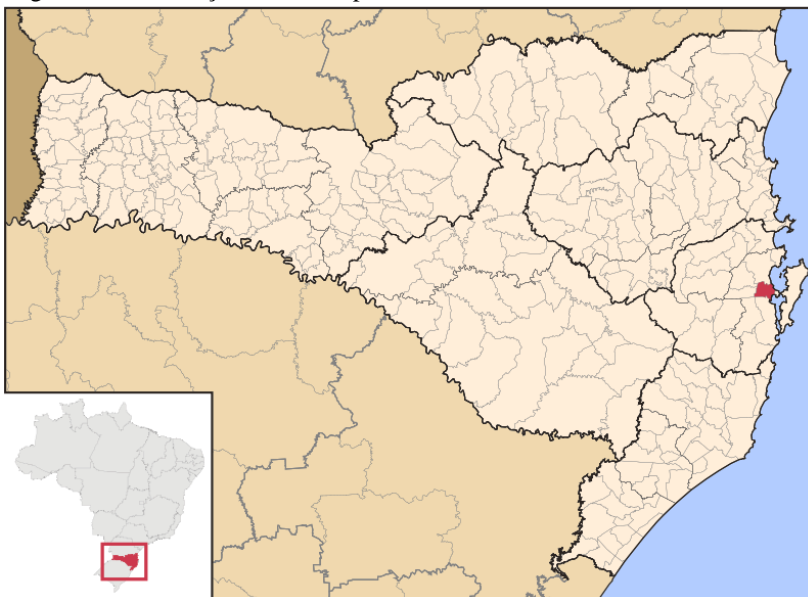
Para determinar qual seria da área de estudo dois principais fatores foram analisados: a inexistência de medidas de restrições de circulação de veículos de carga e a presença de estabelecimentos comerciais (PGV's) que impactassem na malha viária urbana.

Em São José - SC esses aspectos foram observadas e, portanto, procurou-se identificar o modo que ocorre a circulação neste município.

O município de São José está situado no litoral do Estado de Santa Catarina, faz divisa com a capital do Estado, Florianópolis, e os municípios de Palhoça, Biguaçu, Santo Amaro da Imperatriz, Antônio Carlos e São Pedro de Alcântara. Conforme IBGE em 2013 a população estimada é de 224.779 habitantes, o que o destaca como o quarto município mais populoso de Santa Catarina. Ainda a sua extensão territorial é de 152,4km<sup>2</sup> e tem como base de sustentação da economia fundamentada no comércio, indústria e atividade de prestação de serviços, possuindo mais de 1.200 indústrias, cerca de 6.300 estabelecimentos comerciais, 4.800 empresas prestadoras de serviços e 5.300 autônomos.

São José é dividido pela rodovia BR-101, que liga a cidade diretamente às metrópoles do sul e sudeste do Brasil. Além desta rodovia, passa pela cidade o trecho inicial da BR-282, conhecida como Via Expressa, que dá acesso a capital e ao oeste do estado, e ainda possui a SC-281 que tem início no sul do município e liga à São Pedro de Alcântara e Angelina. Nota-se por estas informações e pela sua localização geográfica, como se observa nas Figuras 16 e 17, que a cidade tem uma característica muito forte de ligação entre as cidades da Grande Florianópolis e em função disto possui uma grande atratividade para a instalação dos mais variados tipos de Polos Geradores de Viagens.

Figura 16. Localização do Município de São José no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Adaptado de (Wikimedia.org, 2014).

Figura 17. Localização de São José na região da Grande Florianópolis



Fonte: Site Jornal Notícias do Dia (2014).

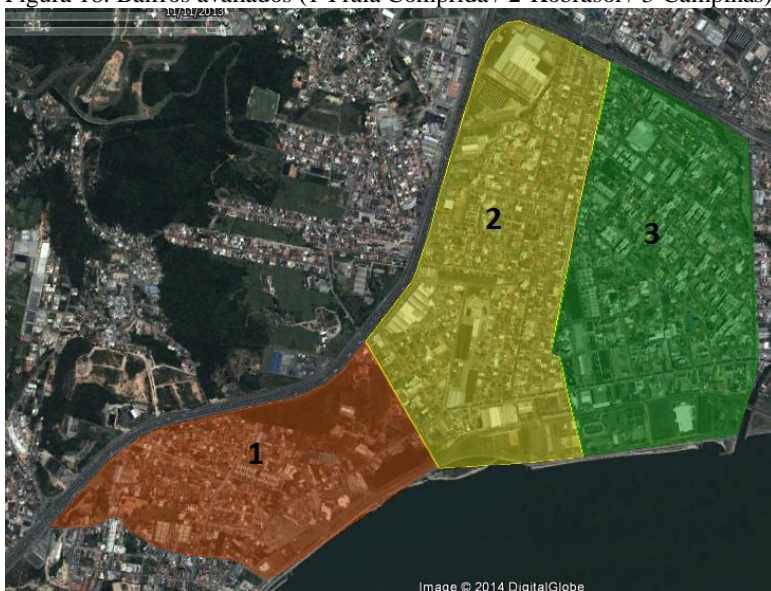
Com base em informações disponibilizadas pela Secretaria de Segurança, Defesa Social e Trânsito da Prefeitura de São José, as operações de carga e descarga no município possuem nos Bairros Campinas, Kobrasol e Praia Comprida as maiores queixas, registradas em ouvidorias, de moradores sobre conflitos do tráfego local com esse tipo de transporte.

Focaram-se os estudos e levantamentos para esses bairros a fim de determinar quais Polos Geradores de Viagens de Carga poderiam representar melhor na simulação os impactos do tráfego de veículos de carga na malha viária urbana.

Na Figura 18 podemos observar em destaque os bairros Campinas, Kobrasol e Praia Comprida e na Figura 19 uma visão geral da malha viária urbana a ser analisada na simulação.

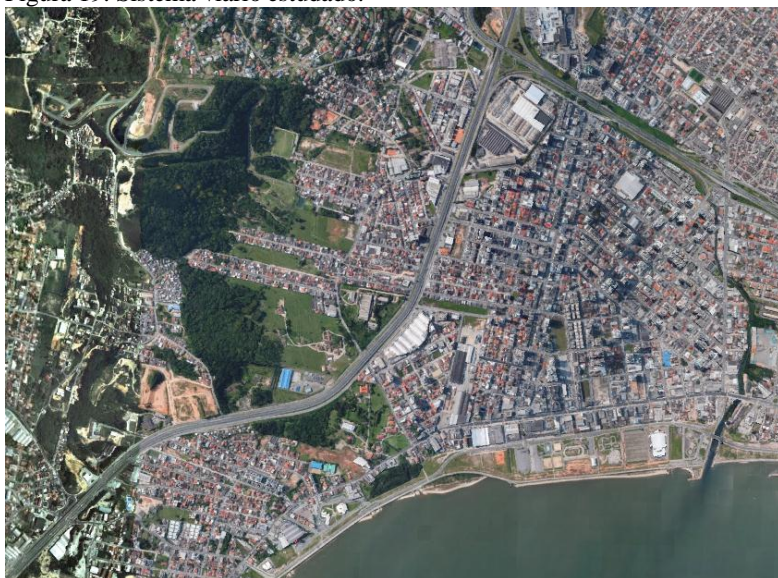


Figura 18. Bairros avaliados (1-Praia Comprida / 2-Kobrasol / 3-Campinas)



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Figura 19. Sistema viário estudado.



Fonte: Imagem de satélite do Google Earth (2014).

Devido as suas características o município de São José mostrou-se favorável para aplicação do proposto pelo estudo. Em relação ao fornecimento de dados e informações do tráfego local o governo municipal demonstrou interesse em colaborar com as atividades.

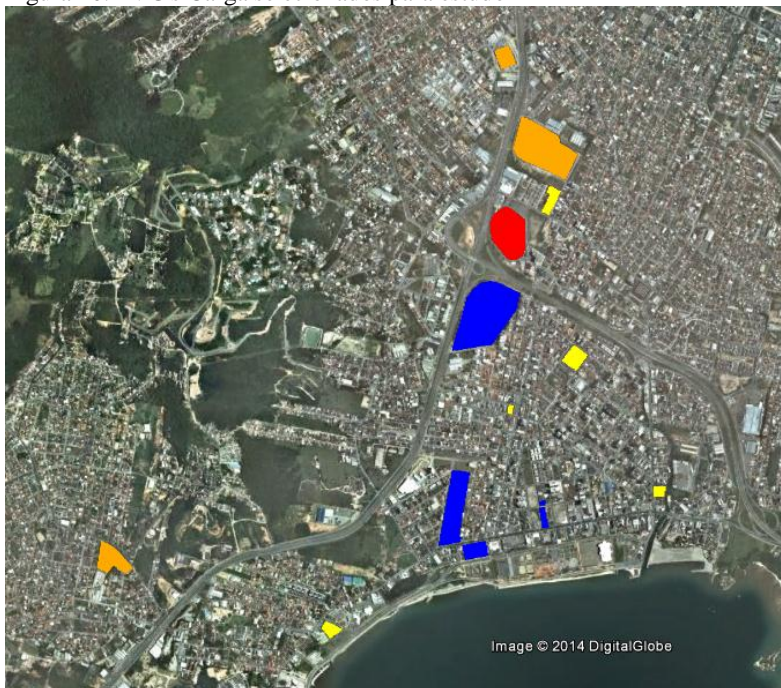
### 3.3. SELEÇÃO DOS POLOS GERADORES DE VIAGENS

Para selecionar os PGV's de Carga que seriam objeto desse estudo necessitou primeiramente evidenciar alguns dos PGV's que tem influência mais significativa no transporte de cargas dentro da região central do município, considerando os departamentos comerciais que contenham distribuição de carga para lojas de departamento, de eletrodoméstico e supermercados.

Evitou-se selecionar estabelecimentos que, mesmo situado nas regiões de análise, não impactavam na malha viária urbana, utilizando-se apenas das vias marginais das rodovias federais que adentram a cidade.

Observa-se, na Figura 20, a posição geográfica dos principais PGV's de impacto sob a malha urbana, sendo separados por cores conforme sua atividade comercial. Em azul temos estabelecimentos tipo lojas de departamento e eletrodomésticos; em amarelo são supermercados; em vermelho Shopping Center; e em laranja centros de coleta e distribuição de mercadorias.

Figura 20. PVG's Carga selecionados para estudo



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

A partir desta primeira análise foi necessário diminuir a área de abrangência do estudo para possibilitar a simulação dentro das limitações de dados disponíveis. A seleção e caracterização destes PGV's estão mais detalhadas no item 4.2.1

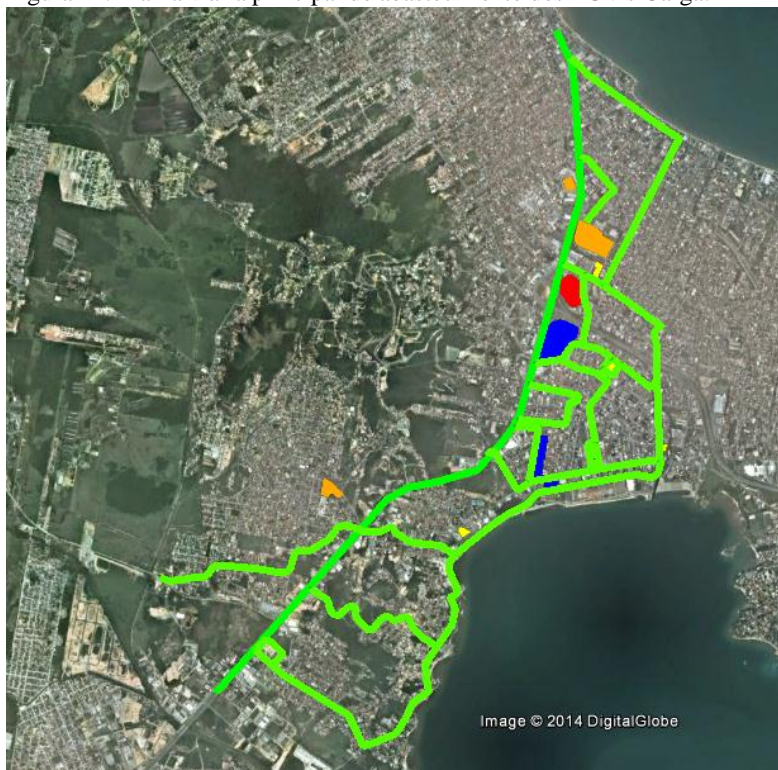
### 3.4. DEFINIÇÃO DA MALHA VIÁRIA

Praticamente não há nenhuma restrição de tráfego de veículos de carga no município de São José e dessa forma o transporte de carga por veículos pesados pode ocorrer em todas as vias que compõe a malha viária. Entretanto, muitas das vias que compõe a cidade, que são muito estreitas, não suportam adequadamente esse tipo de tráfego pesado.

Conforme é possível visualizar na Figura 21, foram destacadas as principais vias que dão acesso a região central da cidade e aos PGV's de Carga destacados no item anterior. Considera-se a BR-101 como a

principal via de entrada e saída desse tipo de transporte, por esse motivo ela também precisa ser destacada.

Figura 21. Malha viária principal de abastecimento dos PGV's Carga.



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Com base nessa primeira análise, da malha viária principal, foi possível selecionar e mapear melhor as características das vias que fazem parte da área de abrangência dos PGV's selecionados para detalhamento nesta pesquisa. Essas informações são possíveis de visualizar no item 4.2.2.



### 3.5. PESQUISAS DE TRÁFEGO

Para compor a base de dados para modelagem em software foi necessário realizar alguns levantamentos em campo, descritos na sequência.

#### 3.5.1. Levantamento dos padrões das viagens

As informações que caracterizavam cada empreendimento selecionado e a forma como era operacionalizada a logística de transporte das mercadorias foram levantadas através de aplicações de questionários.

No Apêndice I é possível visualizar dois questionários, sendo um realizado com os gerentes e/ou responsáveis pelo recebimento das mercadorias, e o outro aplicado aos condutores dos veículos de carga.

Os questionários têm por objetivo avaliar a origem e o destino das mercadorias, horário de maior movimentação, dia da semana com maior fluxo de cargas, entre outras informações relacionadas às operações de transporte e de circulação dentro da cidade. Em função do elevado número de informações para processar foram selecionados apenas quatro PGV's Carga para aplicar essa pesquisa.

#### 3.5.2. Contagem veicular classificada

A contagem de veículos foi realizada de forma manual através de observação *in loco*, no horário de pico onde há maior movimentação de veículos de carga dentro do município, sendo que esse horário foi definido através de observação prévia em campo, e de análises de dados de tráfego da BR-101 que foram disponibilizados pela concessionária da rodovia. Os locais de contagem podem ser visualizados no item 4.3.1

A seleção dos dias da semana para a contagem de tráfego para o tipo de investigação proposta seguiu as instruções de manuais e apostilas de engenharia de tráfego, que recomendam concentrar a coleta de dados preferencialmente em terças, quartas e quintas-feiras, considerados dias típicos em uma semana de comportamento de tráfego normal.

Também foram utilizados dados de volume disponíveis com a concessionária que administra a BR-101 e levantamentos realizados recentemente por estudos encomendados pelo governo estadual.

Na contagem classificada os veículos são separados em função da sua categoria, divididas em: carros, motos, ônibus e caminhões. Optou-se por não subdividir a categoria de caminhões conforme suas dimensões e número de eixos em função que os demais dados disponibilizados não possuíam tal separação, o que dificultaria as análises de comparação posteriores no software.

Todas as pessoas, aproximadamente quinze, que auxiliaram nesta etapa receberam treinamento para que todas tivessem o mesmo entendimento sobre os veículos que se enquadravam em cada categoria. Foi fornecida uma planilha de apoio para contagem dos veículos. A planilha de contagem utilizada pode ser observada no Apêndice II ao final deste trabalho.

### 3.6. PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS

Todos os dados obtidos das contagens realizadas necessitaram ser inseridos em planilhas/tabelas eletrônicas, foi utilizado o software Excel para realizar essa organização. Dessa forma foi possível levantar informações sobre o comportamento do tráfego local, correlações entre eles, analisar os dados graficamente e organizar os dados para facilitar o processamento no software Aimsun.

### 3.7. MODELAGEM DO SISTEMA EM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

Para iniciar o processo de simulação de tráfego foi necessário modelar a malha viária do município escolhido no software, inserir todos os sentidos de circulação existentes e demais informações pertinentes para realizar a modelagem, como a existência de cruzamentos semaforizados.

Todas as orientações de como utilizar o software foi através do tutorial disponibilizado pelo próprio desenvolvedor do Aimsun, assim como com o grupo de pesquisa da Engenharia de Automação da UFSC.

#### 3.7.1. Validação do modelo

Esta etapa consiste em deixar o modelo mais próximo o possível da realidade encontrada no município. São realizadas réplicas da

simulação do cenário atual e verificado se o comportamento do tráfego condiz com o observado em campo.

Somente após essa verificação é possível ter maior confiabilidade sobre o resultado dos cenários hipotéticos aplicados.

Faz parte da validação a realização de alterações de algumas características pré-definidas pelo software, tais como o comportamento do condutor, a velocidade em trechos viários e/ou cruzamentos, entre outros.

### **3.7.2. Aplicação de medidas de restrição de tráfego**

Com o modelo da malha municipal devidamente validado e contendo todas as informações levantadas em campo deu-se início a fase de experimentação, onde impedimentos de circulação de caminhões foram estabelecidos e criados cenários conforme a medida restritiva adotada.

## **3.8. ANÁLISES**

Foram analisados os cenários construídos observando os resultados quanto ao:

- Comportamento do trânsito atual no pico da manhã (6h30m às 8h);
- Comportamento do trânsito sem a circulação de veículos de carga, no pico da manhã;
- Comportamento do trânsito fora dos horários de pico, na situação atual;
- Comportamento do trânsito fora dos horários de pico, com o acréscimo do volume de caminhões restringidos.

Após essas análises somadas às observações em campo foi possível comparar as situações do trânsito local antes e depois, de forma a quantificar todas as novas condições encontradas.

## **3.9. CONCLUSÕES**

Após a realização das análises de todos os cenários foram obtidas as principais conclusões a respeito do uso da microssimulação na

avaliação do comportamento do tráfego urbano de cargas em áreas urbanas.

Ainda ressaltaram-se alguns aspectos observados em campo durante todas as etapas de levantamento de informações do comportamento do tráfego na região central do município de São José.

São apresentadas, também, sugestões para trabalhos futuros dentro do tema de transporte urbano de cargas, restrições de tráfego e simulações.



## **CAPÍTULO 4**

### **4. ESTUDO DE CASO**

#### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PGM'S DE CARGA**

Com base nas informações de circulação da cidade e dos principais PGM's de Carga do município de São José, foram determinados quais os PGM's que fariam parte do levantamento de dados deste trabalho.

Optou-se por selecionar PGM's semelhantes quanto ao seu tipo de produto comercializado com o objetivo de verificar se haveria critérios comparativos em relação a sua movimentação de carga e descarga. Mas também, e principalmente, procurou-se escolher os PGM's de Carga onde a operação de movimentação de cargas representasse maior conflito dentro da malha urbana.

Foram, então, selecionados quatro PGM's, dois deles sendo supermercados, tipo de carga alimentício, e dois deles sendo lojas de departamento de materiais de construção e decoração. A partir dessa seleção foram realizadas as entrevistas através dos questionários do Apêndice I aplicados aos gerentes ou responsáveis pelo departamento de transportes de cada empresa e aos caminhoneiros que chegaram à empresa num determinado dia da semana e no período matutino.

Na Figura 22 é apresentada a posição geográfica dentro do município dos PGM's Carga selecionados.

Figura 22. PGV's Carga selecionados para entrevista



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Optou-se por apenas quatro estabelecimentos em função do volume de informações a serem levantadas. Dos quatro PGV da Figura 22 os destacados em amarelo são os PGV's Carga do tipo supermercado, e os destacados em rosa são do tipo loja de departamentos/materiais de construção.

A partir das respostas obtidas do Questionário 1 (Apêndice I) foi possível sintetizar todos os resultados na Tabela 4, onde são apresentados dados do funcionamento e das principais características de cada estabelecimento.

Tabela 4. Quadro de respostas do Questionário 01 aplicados aos gerentes (Apêndice I).

Questão		PGVC 1	PGVC 2	PGVC 3	PGVC 4
2	Tipo de mercadoria transportada?	Predomínio alimentício	Materiais de Construção/Decoração	Materiais de Construção/Decoração	Alimentício
3	Possui algum tipo de logística?	Sim, logística própria CD, direto de terceiros e direto de fornecedores.	Sistema simples, sem muito controle.	Só recebem produtos do CD, através de caminhões da própria empresa - Recebimento das 6h as 14h	Logística própria CD, direto de fornecedores.
4	Dia da semana de maior recebimento?	Terça e quinta (manhã)	Não soube dizer, volume constante.	Quarta e Quinta	Terça e quinta (manhã)
5	Dia da semana de maior despacho?	Terça e quarta	Segunda a Sexta, período da manhã.	Segunda	Segunda e quarta
6	Horário de pico chegada de caminhões?	07:00 as 12:00	No período da tarde	9h - 11h	9h - 11h e 14h as 16h
7	Mês com maior demanda de movimentação de carga?	Dezembro e Maio	Novembro e Dezembro	Novembro e Dezembro	Dezembro
8	Origem mais comum?	Central de Içara	Não soube dizer	Centro de Distribuição	Central de Criciúma
9	Utiliza veículos longos?	Sim	Sim	Não	Sim
10	Qual o tipo mais comum de caminhões que mais chegam?	Médio porte, tipo baú	Truck, Toco, Carretas	Truck e Baú	Médio porte, tipo baú
11	Quantos caminhões são recebidos em média?	70 veículos (leves e pesados) na semana mais movimentado do ano.	Não soube dizer	8/dia	30 caminhões

Fonte: acervo próprio.

Como não há na cidade nenhum tipo de restrição ou orientação sobre a forma como deve ocorrer a circulação de veículos de médio e grande porte dentro da área urbana, cada empresa lida da forma que lhe for mais conveniente.

O Questionário 2 (Apêndice I), aplicado aos motoristas de caminhão que transportavam carga aos PGV's de Carga selecionados, serviu como base para identificar as principais vias utilizadas para chegada e saída dos estabelecimentos, assim como os locais onde se originam as cargas, tempo de viagem, espera, etc. Na Tabela 5 pode ser observado o resumo das informações obtidas com os transportadores.

A questão nº 6 do Questionário 2 que se refere as rotas utilizadas por cada transportador foi mais difícil de sintetizar na forma de tabela, pois foram muitas vias e regiões da cidade mencionadas. Contudo, no item 4.2.2 é possível visualizar os mapas com as principais rotas obtidas com os entrevistados, assim como algumas observadas *in loco*.

Tabela 5. Quadro resumo das respostas do Questionário 2 aplicados aos motoristas de caminhão (Apêndice I).

Questão	PGVC 1	PGVC 2	PGVC 3	PGVC 4
<b>1</b> <b>Origem da mercadoria</b>	Região sul de SC e CEASA-SC	Região norte de SC e SP	CD de São José	Criciúma e Grande Florianópolis
<b>2</b> <b>Era o destino final?</b>	A maioria dos caminhões se dirigia a outras localidades em São José	Em maioria, sim.	A empresa reencaminhava para realização de entregas na região, antes de retornar ao CD.	A maioria dos caminhões se dirigia a outras localidades na região
<b>3</b> <b>Existem outras localidades onde é realizada a distribuição antes?</b>	Sim, todas na Grande Florianópolis	A maioria não	Não	Sim, todas na Grande Florianópolis
<b>4</b> <b>Quantidade de operações de carga e descarga realizadas neste estabelecimento?</b>	Geralmente uma vez por dia, e em média até 3 vezes por semana.	Fornecedores - 1/dia - 3/semana Caminhões próprios diversas vezes	Até duas vezes por dia e 6 dias na semana.	Geralmente uma vez por dia, e em média até 3 vezes por semana.
<b>7</b> <b>Qual a dimensão e tipo de veículo que utilizados?</b>	Maioria tipo baú	Toco e Carretas	Baú	Baú e Carretas
<b>8</b> <b>Quais os tipos de cargas transportadas para este estabelecimento?</b>	Frutas e legumes, frios e laticínios	Cimento, barras de aço	Materiais de construção/acabamentos	Bedidas, frutas e legumes, carnes e laticínios
<b>9</b> <b>Tempo aproximado de viagem?</b>	Média de 30min	De 1h:30m até 3h em média	15 a 20min	De 1h a 3h em média
<b>10</b> <b>Tempo em média leva para o descarregamento neste estabelecimento?</b>	De 30min a 1h	Em torno de 3 horas	Descarregamento - de 30min a 1h Carregamento - 30min	Média de 1h
<b>Nº de entrevistados</b>	7	11	4	5

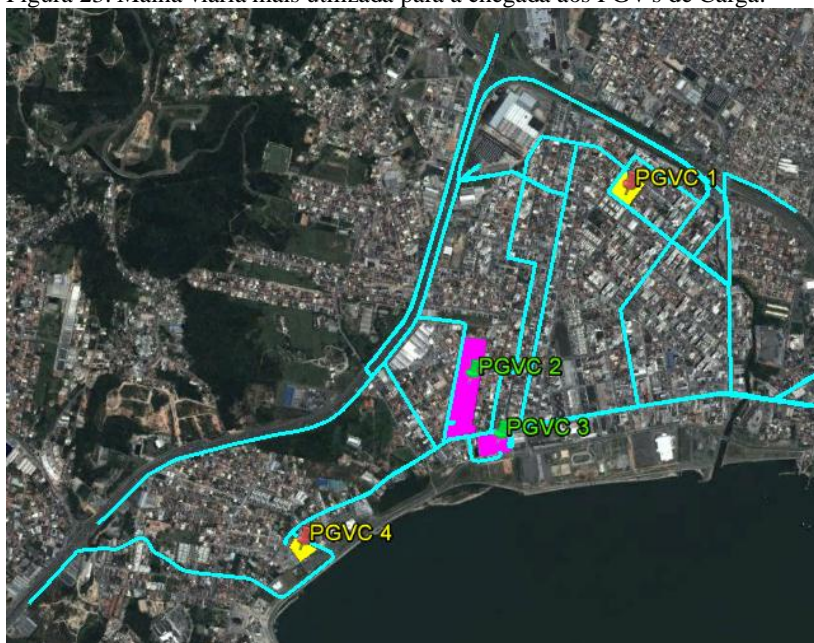
Fonte: acervo próprio.

## 4.2. DETALHAMENTO DA MALHA VIÁRIA

Após caracterizar os PGV's de Carga e compreender as rotinas e movimentações dos processos de carga e descarga foram mapeadas as principais rotas de chegada e de saída dos Polos Geradores de Viagens selecionados.

Na Figura 23 identificam-se os PGV's de Carga destacados e a malha urbana mais utilizada para a chegada dos veículos de carga nestes estabelecimentos em azul claro. Muitas dessas vias servem para acesso a mais de um PGV's de Carga em estudo.

Figura 23. Malha viária mais utilizada para a chegada aos PGV's de Carga.



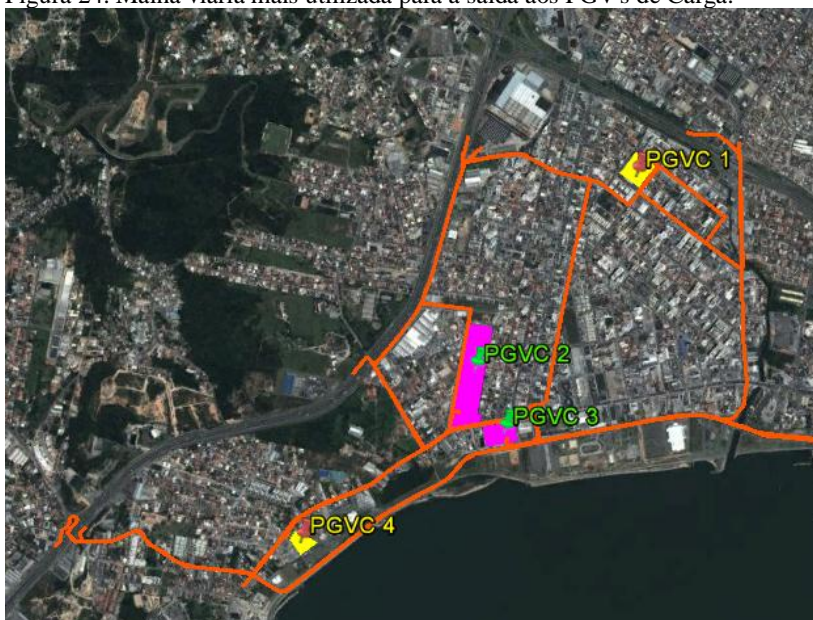
Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Na rota de saída dos PGV's de Carga utilizados pelos veículos de carga há duas situações comuns: a primeira sendo a saída de quem apenas fez o descarregamento para o estoque e se destina a outros pontos, ou o local de origem, geralmente realizado por veículos de médio e grande porte; e a segunda mais usual aos caminhões de porte menor que fazem entregas domiciliares, tendo um área de abrangência maior, ou seja não há como definir exatamente as vias mais utilizados

pois depende muito do destino final. Entretanto na segunda situação quando a entrega é realizada fora da região dos Bairros Campinas e Kobrasol a malha viária utilizada é muito similar as da primeira situação.

Pode-se observar na Figura 24 a malha viária destacada em laranja que é a mais utilizada para saída dos PGV's de Carga. Muitas dessas vias também servem para mais que um PGV's de Carga.

Figura 24. Malha viária mais utilizada para a saída aos PGV's de Carga.



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Na Figura 25 têm-se as duas malhas, de chegada e de saída, sobrepostas, formando assim a malha de influência dos Polos Geradores de Viagens selecionados.



Figura 25. Malha viária de influência.



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Com base neste mapeamento e no levantamento das características de cada rua *in loco*, como sentido de circulação e dimensões, foi possível construir o modelo da malha viária a ser analisado no software de simulação.

### 4.3. COLETA DE DADOS DE TRÁFEGO

#### 4.3.1. Postos de contagem

Com a definição da malha principal determinou-se os locais dos postos de contagem. Nas Figuras 26 e 27 é possível identificar a localização desses pontos na imagem aérea do município e com a sobreposição da malha viária de impacto.



Figura 26. Postos de contagem



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Figura 27. Detalhamento dos postos de contagem de tráfego com a malha viária de impacto



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Os pontos destacados em verde são os postos de controle da pesquisa de tráfego realizada em abril de 2014 pela equipe do PLAMUS – Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (estudo contratado pelo Governo do Estado de Santa Catarina com foco em orientar o desenvolvimento urbano e de mobilidade da região metropolitana). Tal pesquisa do PLAMUS contém diversas informações a respeito da mobilidade e deslocamentos realizados na região da Grande Florianópolis, e os dados de contagem classificada de veículos nos pontos destacados foram fornecidas para esta dissertação. Este levantamento foi realizado utilizando de recursos humanos equipados com planilhas digitais para contagem apenas nos horários de pico.

Os pontos em azul tratam-se de coletas realizadas em campo para o desenvolvimento dessa dissertação. Utilizou-se de recursos humanos que realizavam a contagem com auxílio de prancheta e a planilha do modelo apresentada no Apêndice II. As contagens ocorreram em setembro de 2014, sempre nas terças, quartas e quintas-feiras. Não foi possível realizar a contagem de todos os pontos no mesmo dia, e nem repetir a contagem em todos os pontos de modo que fosse possível

calcular a média dos volumes. Durante as contagens, dependendo do volume de tráfego pré-analisado o contador só controlava um movimento, e sempre que possível era realizado o controle de movimentos em interseções.

Por fim, os pontos marcados em vermelho são os controladores de velocidade fixos existentes na BR-101. A empresa responsável pela administração destes encaminhou os dados gerados em cada equipamento ao longo de toda a extensão da rodovia BR-101 dos meses de abril e de setembro de 2014. As informações obtidas foram: volumes de tráfego classificados por categoria, velocidades registradas e volume de tráfego por hora por dia (sendo as duas últimas informações apenas do mês de agosto para pré-análise do comportamento do tráfego na região).

Todas as informações de contagens fornecidas pela Concessionária que administra a BR-101 e pelo PLAMUS foram entregues no formato de planilha digital, e as contagens realizadas por este trabalho de dissertação foram transformadas em planilhas digitas com a utilização do software Excel.

#### **4.3.2. Definição da hora de pico**

Para determinação da hora de pico avaliou-se o quadro com as informações de fluxo total de veículos do mês de agosto divididos em períodos de uma hora e por dia, fornecido pela concessionária que administra a BR-101 em Santa Catarina. A escolha do mês de agosto deve-se ao fato deste ser o mês anterior aquele em que se planejava realizar a contagem (setembro 2014) e para qual se possuía dados disponíveis.

Primeiramente foram selecionados as informações dos dois controladores que se situam mais próximos da área de estudo e com maior influência de entrada de veículos na malha viária urbana avaliada neste estudo.

Figura 28. Localização dos controladores utilizados da definição da hora de pico



Fonte: acervo próprio/Google Earth.

Os dados disponibilizados exibiam apenas o fluxo total de veículos que passaram nos controladores divididos por hora e dia do mês, não havendo um detalhamento quanto a categoria veicular, exemplo: quantos caminhões passaram no dia 3 as oito horas.

Como as coletas de dados principais se referem aos volume dos dias da semana terça, quarta e quinta feira optou-se por somar os fluxos desses dias de cada semana, e separá-las em 1ª a 4ª semana. Foi realizada a relação percentual de cada hora em relação ao total, e uma média dessa relação das quatro semanas. Nas Tabelas 6 e 7 podem-se visualizar esses resultados, juntamente de uma análise gráfica dos horários com maior concentração do volume de veículos do dia.

Tabela 6. Relação percentual do fluxo total por hora (mês de agosto) – Localização do Radar: Rodovia BR 101 Km 208 sentido Norte – Marginal.

Período Horário	SEMANA					Total Mês
	1ª	2ª	3ª	4ª	Média	
00:00 00:59	0,66%	0,60%	0,71%	0,63%	0,65%	1,05%
01:00 01:59	0,33%	0,31%	0,35%	0,32%	0,33%	0,66%
02:00 02:59	0,24%	0,22%	0,29%	0,21%	0,24%	0,46%
03:00 03:59	0,16%	0,13%	0,15%	0,14%	0,15%	0,38%
04:00 04:59	0,24%	0,21%	0,22%	0,23%	0,22%	0,41%
05:00 05:59	0,67%	0,70%	0,72%	0,72%	0,70%	0,78%
06:00 06:59	5,03%	5,20%	5,27%	5,58%	5,27%	4,49%
07:00 07:59	9,32%	9,69%	9,73%	10,05%	9,70%	8,07%
08:00 08:59	7,20%	7,47%	7,73%	7,62%	7,50%	6,70%
09:00 09:59	5,63%	5,48%	5,46%	5,54%	5,53%	5,15%
10:00 10:59	4,88%	4,89%	4,99%	5,00%	4,94%	4,87%
11:00 11:59	5,13%	5,19%	5,33%	5,06%	5,18%	5,32%
12:00 12:59	6,30%	5,91%	5,85%	5,72%	5,94%	5,78%
13:00 13:59	7,02%	6,91%	7,37%	7,06%	7,09%	6,53%
14:00 14:59	6,24%	5,58%	5,74%	5,64%	5,80%	5,94%
15:00 15:59	5,27%	4,95%	4,90%	4,99%	5,03%	5,50%
16:00 16:59	5,20%	5,38%	5,03%	4,82%	5,11%	5,45%
17:00 17:59	6,12%	6,06%	6,52%	6,09%	6,20%	6,34%
18:00 18:59	8,09%	8,19%	7,54%	7,91%	7,93%	7,98%
19:00 19:59	6,09%	6,50%	5,15%	5,74%	5,87%	6,27%
20:00 20:59	3,15%	3,10%	3,12%	3,16%	3,13%	3,16%
21:00 21:59	2,85%	3,19%	3,46%	3,52%	3,25%	3,47%
22:00 22:59	2,86%	3,00%	3,03%	2,96%	2,96%	3,00%
23:00 23:59	1,31%	1,14%	1,33%	1,29%	1,27%	1,65%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: acervo próprio.

Tabela 7. Relação percentual do fluxo total por hora (mês de agosto) – Localização do Radar: Rodovia BR 101 Km 206 sentido Norte – Rodovia.

Período Horário	SEMANA					Total Mês
	1ª	2ª	3ª	4ª	Média	
00:00 00:59	1,14%	1,02%	1,07%	1,02%	1,06%	1,55%
01:00 01:59	0,65%	0,57%	0,62%	0,57%	0,60%	0,97%
02:00 02:59	0,40%	0,43%	0,44%	0,40%	0,42%	0,67%
03:00 03:59	0,45%	0,44%	0,41%	0,43%	0,43%	0,62%
04:00 04:59	0,73%	0,69%	0,69%	0,73%	0,71%	0,81%
05:00 05:59	2,25%	2,24%	2,24%	2,32%	2,26%	1,96%
06:00 06:59	6,58%	6,60%	6,28%	6,49%	6,49%	5,16%
07:00 07:59	6,29%	6,16%	6,22%	6,30%	6,24%	5,47%
08:00 08:59	5,86%	5,99%	6,04%	5,77%	5,92%	5,38%
09:00 09:59	5,77%	5,81%	5,47%	5,77%	5,71%	5,45%
10:00 10:59	6,26%	6,00%	6,04%	6,01%	6,08%	5,76%
11:00 11:59	6,27%	6,11%	6,24%	6,17%	6,20%	5,95%
12:00 12:59	5,90%	5,85%	5,90%	5,69%	5,83%	5,61%
13:00 13:59	5,85%	5,71%	5,64%	5,80%	5,75%	5,53%
14:00 14:59	5,74%	5,70%	5,87%	5,56%	5,72%	5,74%
15:00 15:59	5,46%	5,43%	5,67%	5,41%	5,49%	5,65%
16:00 16:59	5,30%	5,23%	5,01%	5,58%	5,28%	5,51%
17:00 17:59	5,43%	6,28%	4,70%	5,69%	5,52%	5,70%
18:00 18:59	3,69%	4,25%	5,00%	4,27%	4,30%	5,06%
19:00 19:59	5,08%	4,34%	5,44%	4,87%	4,93%	5,37%
20:00 20:59	4,67%	4,54%	4,43%	4,64%	4,57%	5,00%
21:00 21:59	4,27%	4,48%	4,53%	4,41%	4,42%	4,58%
22:00 22:59	3,89%	4,16%	4,09%	4,09%	4,06%	4,10%
23:00 23:59	2,09%	1,96%	1,98%	2,00%	2,01%	2,38%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: acervo próprio.

Ao observar os dados é possível indicar, pela média, que o período das 7 horas até às 8 horas como a hora de pico do período matutino (6h às 12h) para o radar do km 208 (Tabela 6). Já do km 206 (Tabela 7) há uma variação menor entre as horas, mas pela média no período matutino o período das 6 horas até às 7 horas é o período da hora de pico.

Avaliando-se os percentuais totais de cada período horário do mês é possível afirmar que na Rodovia Principal o volume entre as 6h e 21h apresenta poucas variações percentuais. Já na via Marginal nota-se a presença de picos que coincidem com as horas de entrada e saída do comércio local. Dessa forma pode-se admitir que o controlador situado na via Marginal possui mais influência sobre a circulação do tráfego local da área urbana selecionada que o situado na Rodovia Principal.

Tomando por base esses dados escolheu-se o período horário das 06h30m até às 8 horas para realizar as contagens em campo nos pontos



azuis, lembrando que nos pontos verdes esse período foi contemplado pelo estudo realizado pelo PLAMUS.

No Apêndice III é possível verificar os volumes que deram origem a estas relações percentuais.

#### **4.3.3. Definição da hora fora de pico**

Como as contagens de tráfego realizadas por este estudo se deram apenas no período compreendido entre 6h30m e 8h, e as contagens do PLAMUS ocorreram apenas nos horários de pico da manhã, tarde e noite foi necessário encontrar percentual de redução de fluxo a ser aplicado no volume atual. Dessa forma foi possível encontrar o volume que compôs o cenário relativo ao comportamento do trânsito fora dos horários de pico, tanto como para a situação atual e como para a projetada, que iria receber os caminhões que não poderiam circular no período de pico.

Utilizou-se, então, das informações dos registros de tráfego por hora da BR-101. Com base nas análises realizadas na determinação da hora de pico optou-se por utilizar os dados que compuseram a Tabela 6 (Apêndice III), que se refere aos dados do controlador situado na Marginal da BR-101 no km 208, para determinar os percentuais de redução.

Como as contagens ocorreram durante as terças, quartas e quintas-feiras utilizaram-se os valores de média obtida nesses dias das quatro semanas do mês. O percentual de redução se deu pela hora de menor fluxo sobre a hora de pico menos 1. Esse valor percentual é o valor a qual se deve reduzir do fluxo das contagens realizadas em cada ponto.

Tabela 8. Identificação da taxa de redução de fluxo da hora de pico.

Período Horário Matutino	Média (T/Q/Q) das 4 semanas	Volume Total Mês
06:00 06:59	2.222	17.174
07:00 07:59	4.090	30.892
08:00 08:59	3.165	25.640
09:00 09:59	2.333	19.700
10:00 10:59	2.085	18.628
11:00 11:59	2.186	20.372
12:00 12:59	2.511	22.131
% de redução	-49,02%	-39,70%
	Hora de pico	
	Hora menor fluxo	

Fonte: acervo próprio.

#### 4.3.4. Comparação dos dados de meses diferentes

Como as informações de contagens do PLAMUS e desta pesquisa se deram em meses distintos, abril e setembro, respectivamente, foi necessário realizar uma verificação sobre o comportamento do tráfego na região nestes meses, a fim de encontrar semelhanças ou diferenças que pudessem comprometer o andamento da pesquisa, assim como a necessidade de coletar mais informações de contagem em campo. Tal comparação foi possível através dos dados emitidos pelos equipamentos de controle de velocidade instalados na BR-101 no trecho da Grande Florianópolis.

Foi selecionado um dos equipamentos instalado mais próximo de São José-SC que possuísse informações dos meses de abril e setembro de 2014. No caso, o equipamento se localizava na via principal da BR-101, no km 211,160, na divisa de Palhoça com São José, sentido sul norte.

Do volume total de veículos que circularam nestes meses têm-se as seguintes informações:

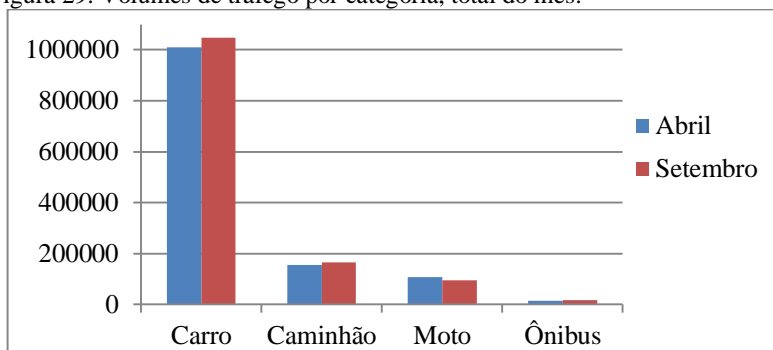


Tabela 9. Valores totais de veículos registrados na BR-101

<b>Categorias</b>	<b>Total Veículos/Mês</b>		<b>Percentuais</b>	
	Abril	Setembro	Abril	Setembro
Caminhão	154513	164594	12,01%	12,43%
Carro	1009485	1047835	78,45%	79,10%
Moto	107280	94653	8,34%	7,15%
Ônibus	15522	17550	1,21%	1,32%
<b>Total Geral</b>	<b>1286800</b>	<b>1324632</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: acervo próprio.

Figura 29. Volumes de tráfego por categoria, total do mês.



Fonte: acervo próprio.

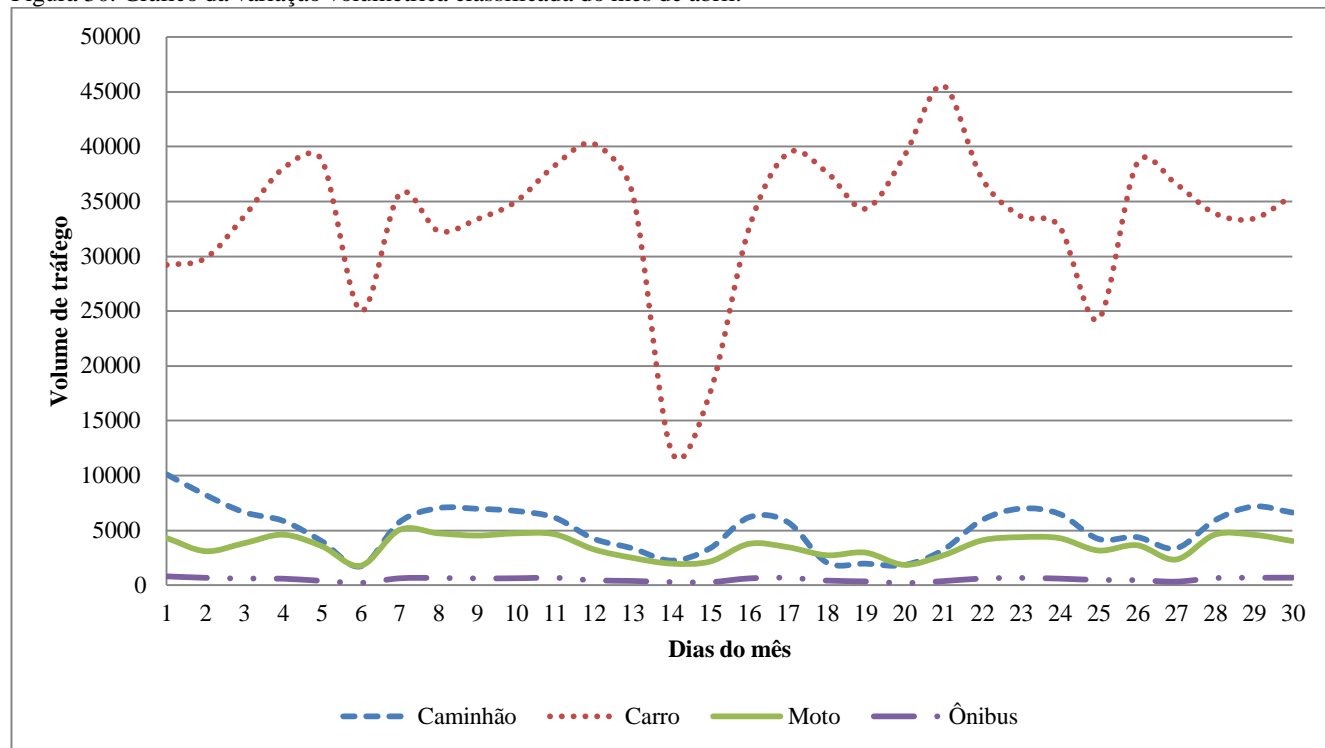
Avaliando-se apenas o volume total de veículos identifica-se que há pouca variação entre os meses de abril e setembro, onde setembro apresenta um crescimento de 2,94%.

Porém, é necessário avaliar o comportamento dessa variação volumétrica durante todos os dias dos meses de abril e setembro, e assim realizar comparativos mais precisos entre as semanas de cada mês, principalmente as que englobam os períodos de contagem.

Nas Figuras 30 e 31 é possível avaliar a variação volumétrica por categoria ao longo de cada mês do estudo. Os quadros com os valores totais de cada dia por categoria de cada mês são apresentados no Apêndice IV.

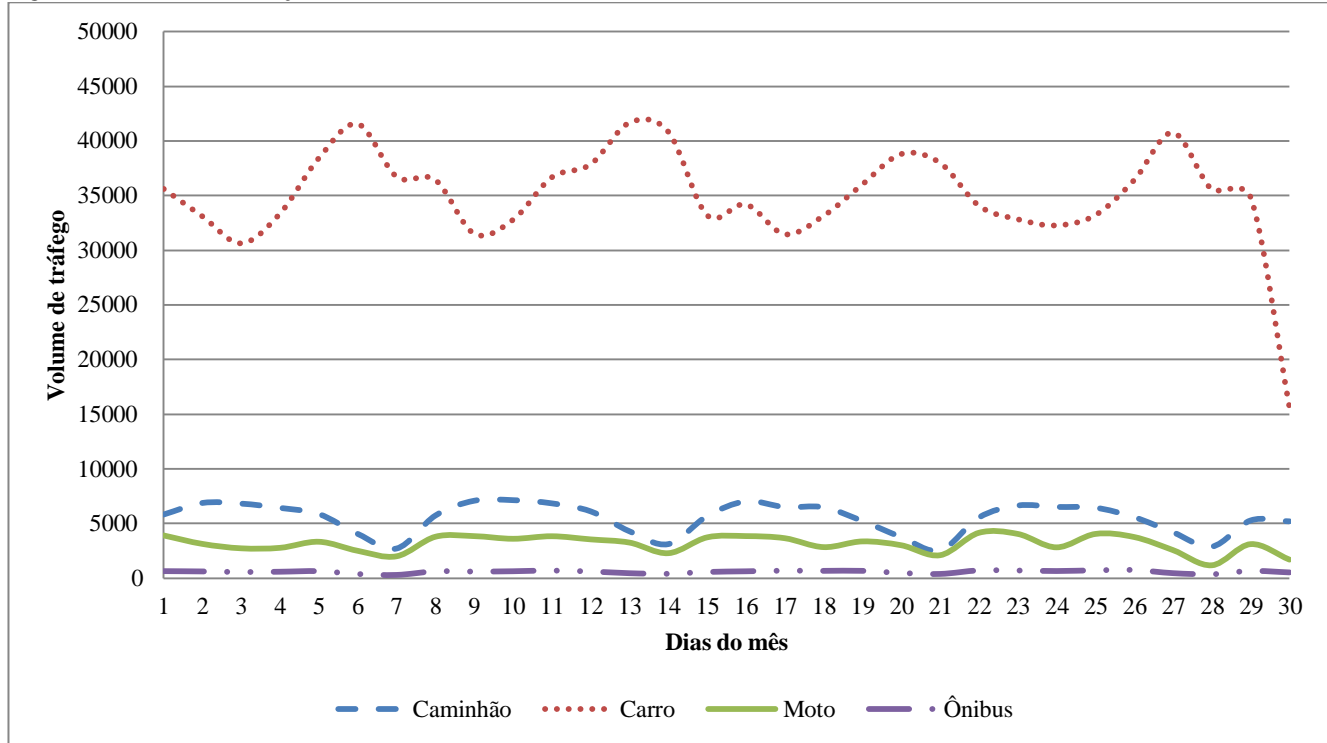
Pode-se notar que os fluxos de veículos em geral possuem uma variação diária maior no mês de abril, principalmente para a categoria de carros. Atribui-se essa variação a problemas de captação do equipamento provocado por congestionamentos, por exemplo, ou em função da existência de feriados. No mês de setembro é possível observar que a variação semanal se dá de forma muito similar ao longo do mês.

Figura 30. Gráfico da variação volumétrica classificada do mês de abril.



Fonte: acervo próprio.

Figura 31. Gráfico da variação volumétrica classificada do mês de setembro.



Fonte: acervo próprio.

O mês de abril possui 30 dias e em 2014 o 1º dia deste mês foi uma terça-feira. Houve um período de feriados entre os dias 18 (sexta-feira) e 21 (segunda-feira) – Páscoa e Tiradentes, respectivamente.

Setembro também possui 30 dias e em 2014 o 1º dia do mês foi uma segunda-feira, o feriado do dia 7 (Independência do Brasil) ocorreu em um domingo.

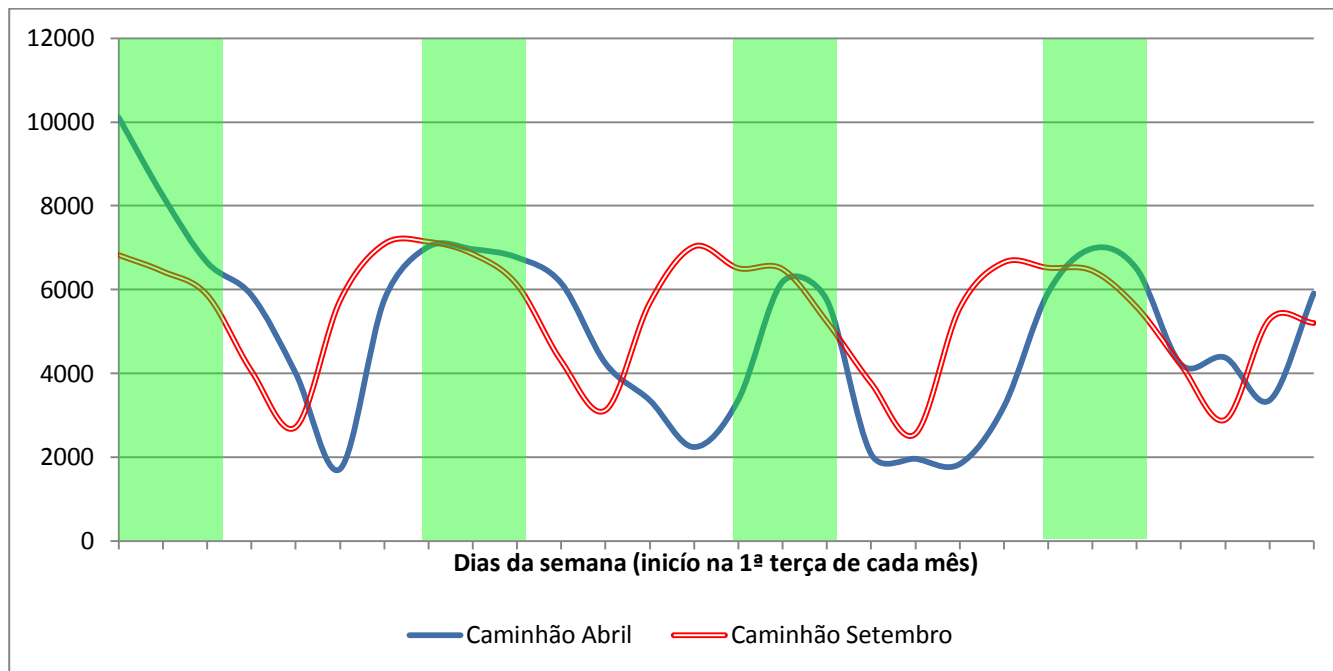
Analisando de forma preliminar os dados da Figura 30 observaram-se variações constantes de um dia ou uma semana para outra assim como de um mês para o outro. Vale ressaltar ainda, que em alguns momentos identifica-se discrepância entre os dados da categoria de veículos de passeio, que podem ter ocorrido tanto em função da presença de feriados como por falhas no controlador ou situações de congestionamento, onde a velocidade empregada por ser muito reduzida poderia ocasionar no não registro do veículo.

Destacando a categoria de caminhões, sempre observando o comportamento alterado em função do período do feriado, é possível notar semelhanças na circulação deste tipo de transporte.

O mês de abril iniciou com um volume maior de caminhões, o que pode ser atribuído ao abastecimento do comércio com os produtos voltados à Páscoa. A redução de ambos os meses se dá ao aproximar do final de semana, ou do feriado. Nota-se, também, que no mês de setembro o maior volume de veículos de carga circulam mais no início da semana, e em abril é mais próximo do final de semana.

O gráfico destacando o fluxo de caminhões nos dois meses tem como ponto inicial a primeira terça-feira de cada mês, e o período entre terça e quinta-feira encontra-se na Figura 32.

Figura 32. Gráfico da variação do volume diário de caminhões de cada mês, as áreas destacadas em verde referem-se aos dias da semana terça, quarta e quinta-feira.



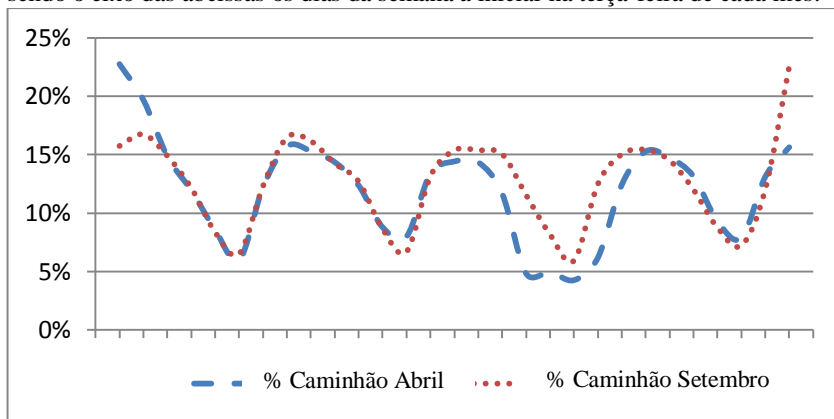
Fonte: acervo próprio.

Uma das comparações realizadas foi em função da proporção da categoria caminhões em relação ao volume total de cada dia (nº de caminhões no dia / nº total de veículos no dia). Avaliou-se se os percentuais seriam semelhantes e como se dá essa variação. Na Figura 33 nota-se que as curvas praticamente se sobrepõem e que a proporção em relação ao total diário em cada mês se dá de forma muito similar.

Existe uma diminuição do percentual de caminhões em relação ao total nos finais de semana, sendo que durante a semana de segunda a sexta-feira uma média de 15% do fluxo é composto por caminhões e nos sábados, domingos e feriados essa proporção cai para um pouco mais que 5%.

Em abril no início do mês houve um acréscimo dessa proporção percentual, acima dos 20%, provavelmente atribuída ao abastecimento do mercado para a época de feriado. Da mesma forma identifica-se situação similar no final do mês de setembro, que pode ser atribuída a época do mês de outubro relacionada com o dia das crianças (12 de outubro).

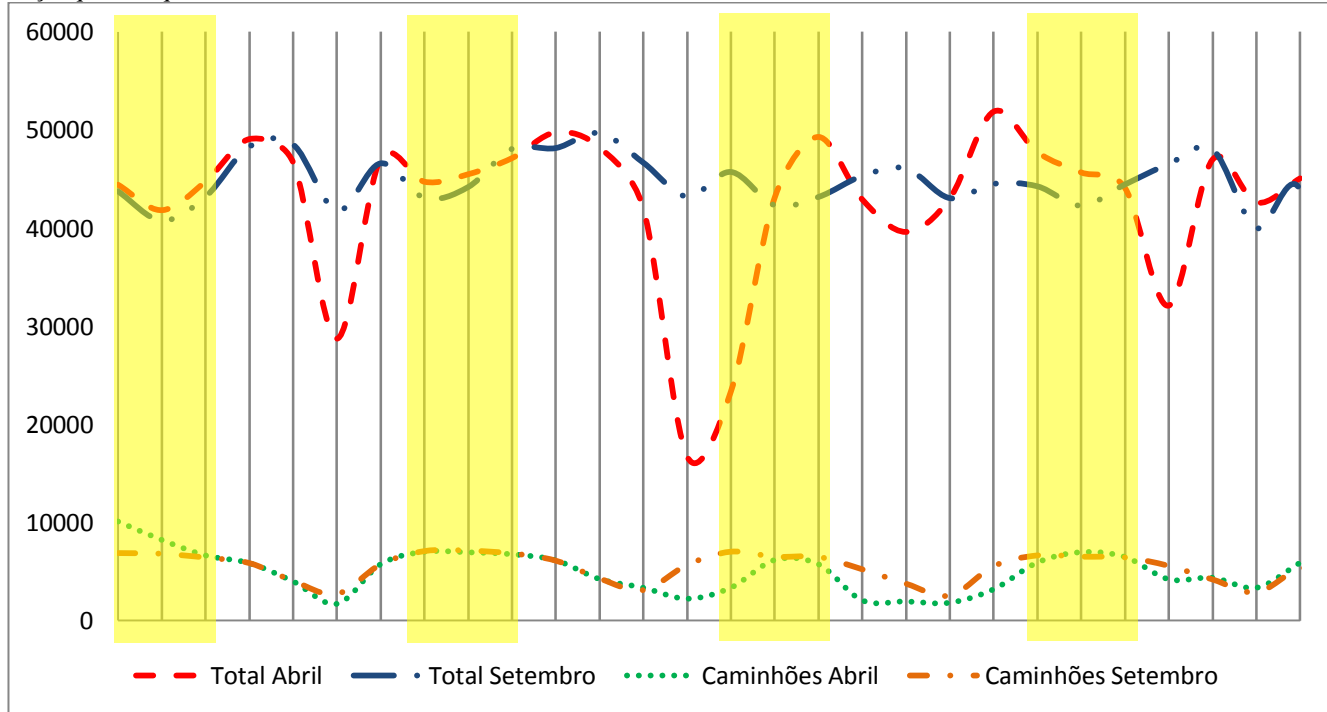
Figura 33. Gráfico da proporção de caminhões em relação ao total de veículos, sendo o eixo das abcissas os dias da semana a iniciar na terça-feira de cada mês.



Fonte: acervo próprio.

Em paralelo foram montados gráficos para avaliar o comportamento do tráfego de cada mês, avaliando o volume de veículos por categoria por dia.

Figura 34. Comportamento mensal veicular (total e de caminhões), áreas destacadas em amarelo referem-se aos dias da semana terça, quarta e quinta-feira.



Fonte: acervo próprio.

Analisando os dias da semana de terça a quinta-feira (dias típicos da semana e nos quais se realizam as contagens), destacados na Figura 34, pode-se observar que o fluxo total de veículos no mês de Abril quase sempre assume valores maiores que os de Setembro. Com essa situação haveria uma taxa de redução do volume, porém avaliou-se que essa condição seria desfavorável para condições de segurança da pesquisa e os valores obtidos nas contagens foram mantidos os mesmos, para usar na simulação com o software. Não houve, portanto, ajustes nos volumes das contagens entre os meses de abril e setembro.

#### 4.4. UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO NO SOFTWARE AIMSUN

Nesta etapa é descrito a forma que se utilizou o software e como são inseridos as informações relativas a malha viária, volume de tráfego, planos semafóricos e linhas e pontos de parada do transporte coletivo.

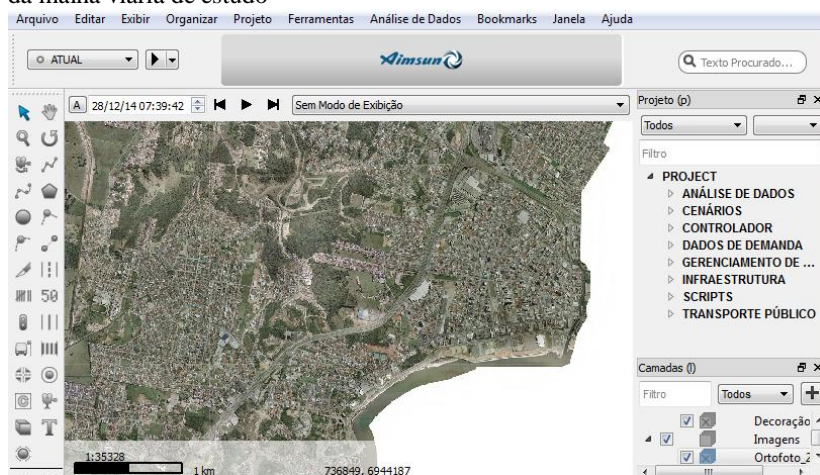
##### 4.4.1. Criação da malha viária

Para início da criação da malha viária foi utilizado como base uma ortofoto da cidade de São José datada em 2012 no formato .ecw. Por ser uma imagem georreferenciada ao inseri-la no Aimsun não necessitou realizar correções de escala.

Com o uso da ferramenta “criar seção” deu-se início a construção das vias, sempre observando o sentido atual de circulação. Nem todos os logradouros e interseções puderam ser criados em função da falta de dados suficientes para gerar a simulação e das limitações da licença do software (versão acadêmica) sobre o número de nós e quilometragem da malha.

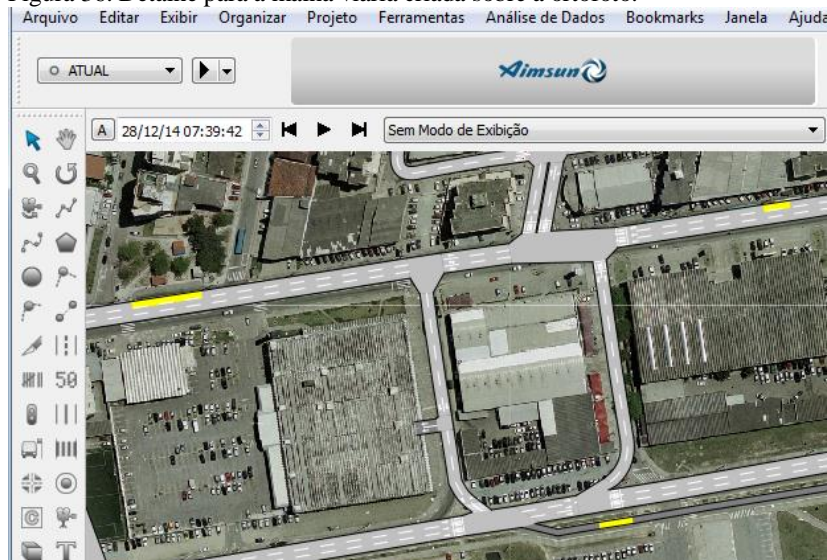


Figura 35. Software Aimsun exibindo a ortofoto usada como base para criação da malha viária de estudo



Fonte: acervo próprio.

Figura 36. Detalhe para a malha viária criada sobre a ortofoto.



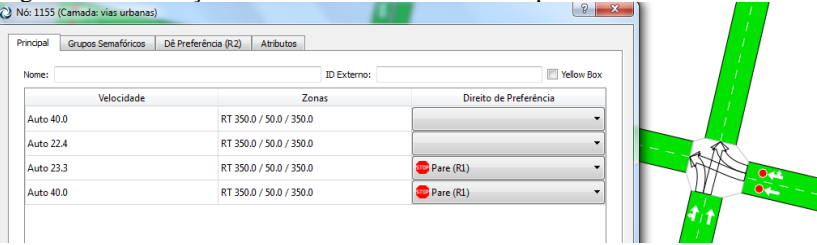
Fonte: acervo próprio.

Notam-se na Figura 36 trechos em amarelo, são os pontos de parada de transporte público inseridos na malha; o trecho de via, abaixo

na imagem, possui um tom de cinza mais escuro, pois se refere a uma via exclusiva para o transporte público. Na Figura 38 os círculos que aparecem em algumas vias, seções, também são pontos de parada de ônibus existentes.

Cada encontro de vias é realizado com a criação de nós, onde são inseridos os movimentos de cada interseção, e declarados direitos de preferência (ver detalhe na Figura 37).

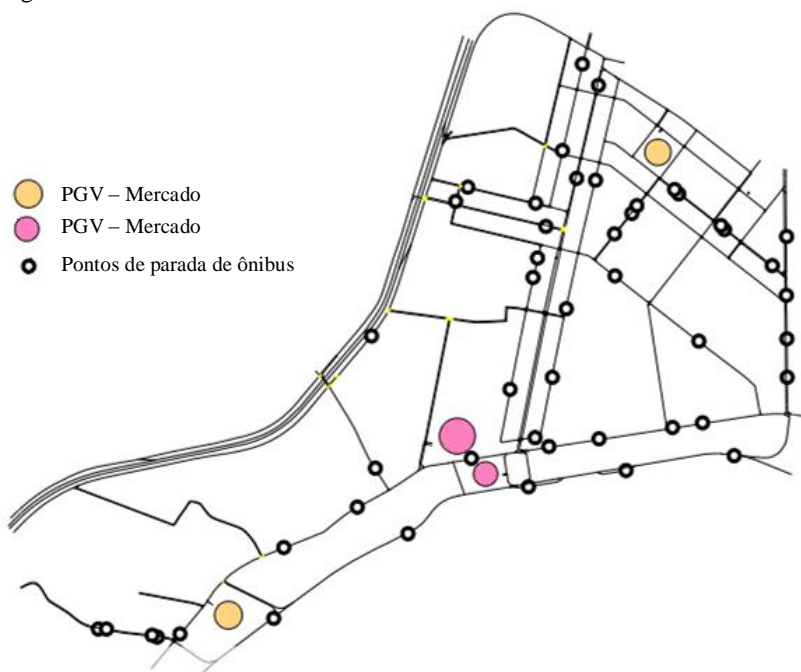
Figura 37. Informação dos movimentos e direitos de preferência de cada nó.



Fonte: acervo próprio.

Na Figura 38 visualiza-se a malha viária concluída, sendo à esquerda da imagem a BR-101 com as marginais contendo todos os acessos existentes neste trecho; a direita é a Rua Josué Di Bernadi quem faz divisa com Florianópolis; e abaixo a Av. Acioni Souza Filho (Beira Mar). Ao todo, as entradas dos fluxos veiculares se dão em 10 seções. Nos círculos destacados são os PGV's Carga, sendo que em cada um foi inserido acessos de entrada e saída exclusiva para caminhões.

Figura 38. Malha viária de estudo finalizada.



Fonte: acervo próprio.

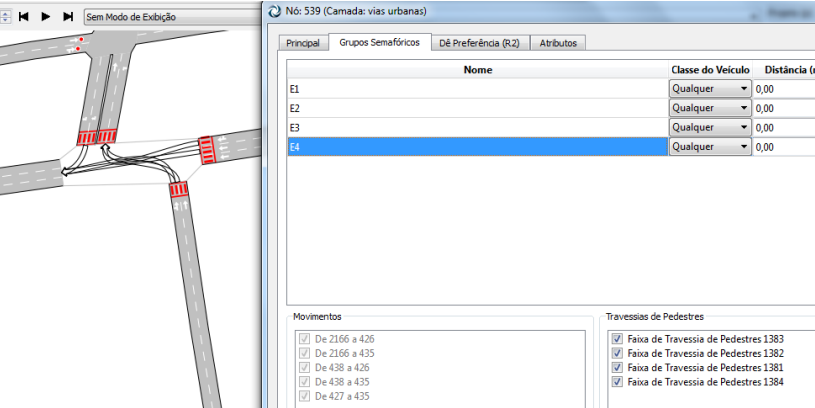
#### 4.4.2. Planos semafóricos

Nas interseções semaforizadas é necessário inserir na aba chamada de “Grupo Semaforico” os movimentos que dizem respeito a cada estágio do ciclo semaforico.

Na Figura 39 tem-se um exemplo da criação do Grupo Semaforico de uma interseção, onde o E4 corresponde ao tempo destinado à travessia de pedestres. Já na Figura 40 há a visualização do Plano de Controle do nó selecionado, exibindo o gráfico das fases. No plano de controle é definido o período horário a qual se refere a programação semaforica inserida no equipamento.

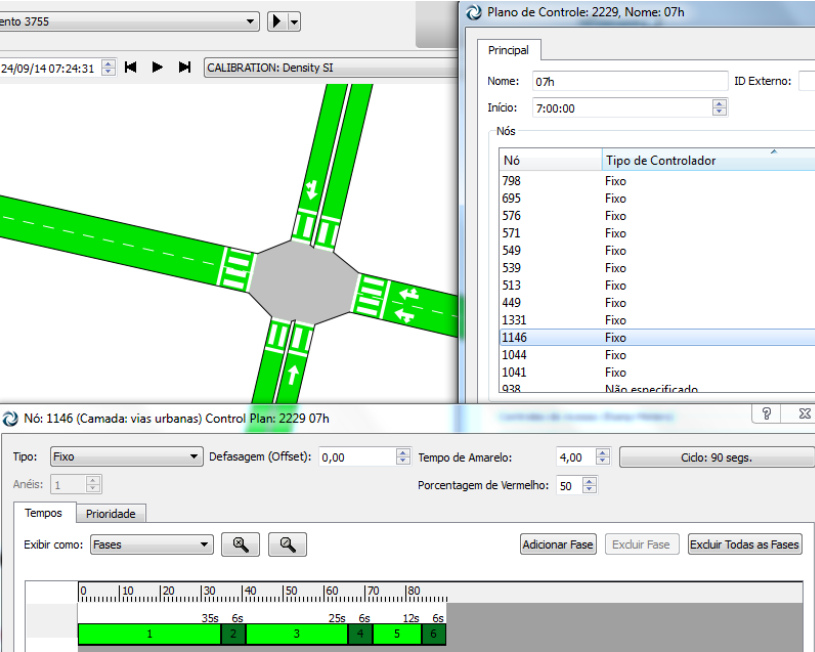
Foi utilizado o plano semaforico de São José, disponibilizado pela empresa que é responsável pela manutenção destes equipamentos no município, para inserir as informações dos tempos semaforicos em cada nó que havia tal equipamento instalado.

Figura 39. Criação dos estágios que compõe o grupo semafórico da interseção selecionada.



Fonte: acervo próprio.

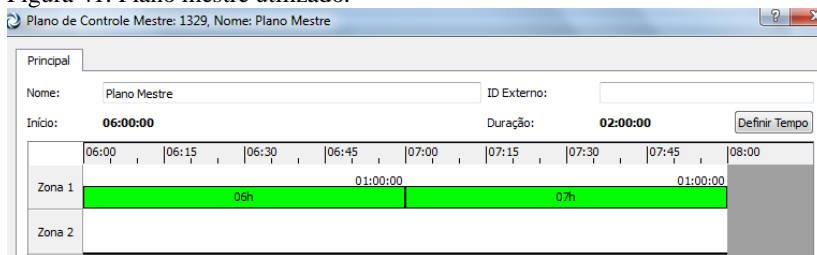
Figura 40. Plano de Controle do período das 7h as 8h, com destaque do ciclo semafórico do nó 1146.



Fonte: acervo próprio.

Na Figura 41 é exibido o Plano Mestre dos controladores semafóricos, onde são adicionados os planos de controle criados anteriormente.

Figura 41. Plano mestre utilizado.



Fonte: acervo próprio.

#### 4.4.3. Criação dos cenários

Com base nas definições e ajustes sobre os volumes de tráfegos, hora de pico, hora fora do pico foram montados os seguintes cenários:

- 1º. Cenário Atual Hora de Pico: contendo as informações de contagens realizadas em 2014 para as quatro categorias veiculares (carro, moto, ônibus e caminhão), subdivididas em dois períodos horários, 6h30m até 7h e 7h até 8h. Para critérios de comparação optou-se por utilizar o intervalo horário das 7h às 8h nas análises dos relatórios por ser o período onde ocorreu maior circulação de veículos.
- 2º. Cenário Modificado Hora de Pico: contém as mesmas informações do “Cenário Atual” para as categorias de carro, moto e ônibus, porém há a restrição de circulação da categoria caminhões dentro da malha viária urbana, sendo mantido a circulação desta apenas na rodovia principal da BR-101 e nas marginais. O período horário de análise é das 7h às 8h.
- 3º. Cenário Atual Fora do Pico: conforme exposto anteriormente o período horário fora do pico de circulação é das 10h às 11h. Foi aplicada a taxa de redução, encontrada no item 4.2.3.3 deste trabalho, aos volumes de tráfego que compõe o 1º

Cenário. Dessa forma encontraram-se os volumes veiculares que comporão este cenário. A criação deste cenário tem por objetivo comparar os efeitos de perdas ou ganhos com o deslocamento do tráfego de caminhões, proibidos de circular na hora de pico.

- 4º. Cenário Modificado Fora do Pico: em geral possui as mesmas características do 3º Cenário, porém a categoria de caminhões recebe o acréscimo do volume de caminhões restringidos no 2º cenário. Com isso avaliam-se as consequências do deslocamento de tráfego.

Figura 42. Resumos dos cenários criados.

1º Cenário (Atual 7h às 8h)	3º Cenário (Atual 10h às 11h)
Volumes medidos em campo.	Volumes estimados com aplicação das taxas de redução no 1º Cenário.
2º Cenário (Mod. 7h às 8h)	4º Cenário (Mod. 10h às 11h)
Restrição de circulação da categoria caminhões do 1º Cenário.	Soma dos volumes de caminhões do 3º Cenário com o volume retirado no 2º Cenário

Fonte: acervo próprio.

#### 4.4.4. Dados de demanda

Para incluir os dados de volume de tráfego no Aimsun foram criados Estados de Tráfego para compor as Demandas de Tráfego que fazem parte de cada Cenário.

Para criar um estado de tráfego é necessário informar o tipo de veículo e o período horário a qual as informações se referem. São então inseridos os dados de volume de tráfego nos pontos de entrada da malha, e após é atribuído os percentuais de movimento em cada nó (interseção) automaticamente.

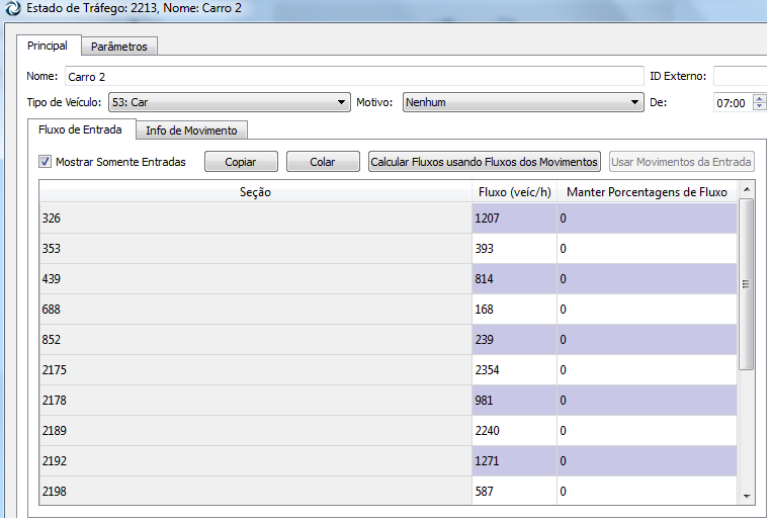
Entretanto é necessário replicar as informações de circulação dentro da malha de forma que seja distribuído o fluxo dentro da malha. Quando não é inserida a informação de movimentos de uma interseção o software divide em iguais valores percentuais para cada movimento de uma interseção o que gera incompatibilidades com o observado em campo.

Dessa forma foi necessário incluir os valores de fluxo de cada movimento com base nas contagens nos pontos aonde havia esse controle (O/D das interseções). Entretanto por ser uma malha viária muito extensa não foi possível manter pontos de contagem em cada nó ou seção, e em função disso alguns valores dos movimentos precisaram ser estimados em função de observações em campo do comportamento do tráfego.

Ou seja, para cada nó foram informados os valores de cada movimento e posteriormente convertido em percentual através do próprio software. É um trabalho exaustivo que orienta o tráfego dentro da malha.

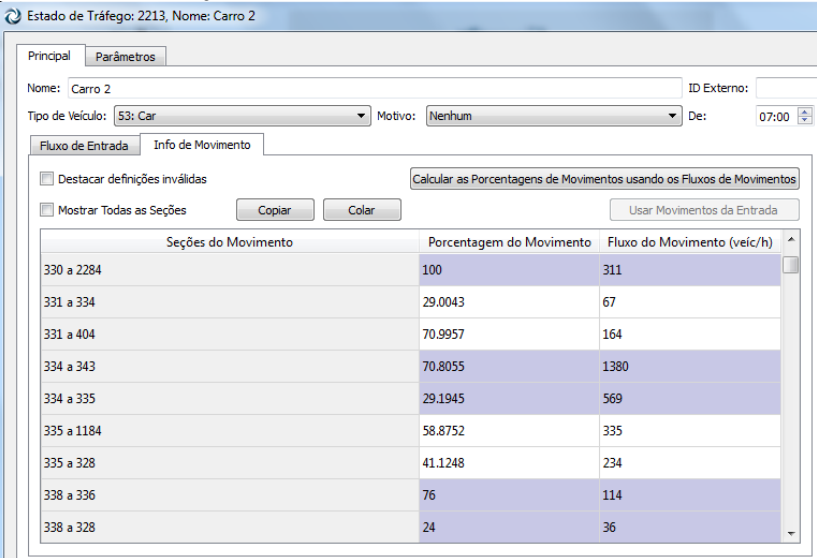
Na Figura 43 pode-se visualizar um dos estados de tráfego criados, no caso é a categoria carro utilizada no 1º e 2º Cenário. Na Figura 44 é o mesmo estado de tráfego só que com a aba de informações de movimentos ativa.

Figura 43. Estado de tráfego da categoria carro utilizada no 1º e 2º cenários, exibindo as informações de fluxo de entrada no sistema viário criado.



Fonte: acervo próprio.

Figura 44. Estado de tráfego da categoria carro utilizada no 1º e 2º cenários, exibindo as informações de movimentos em cada nó.



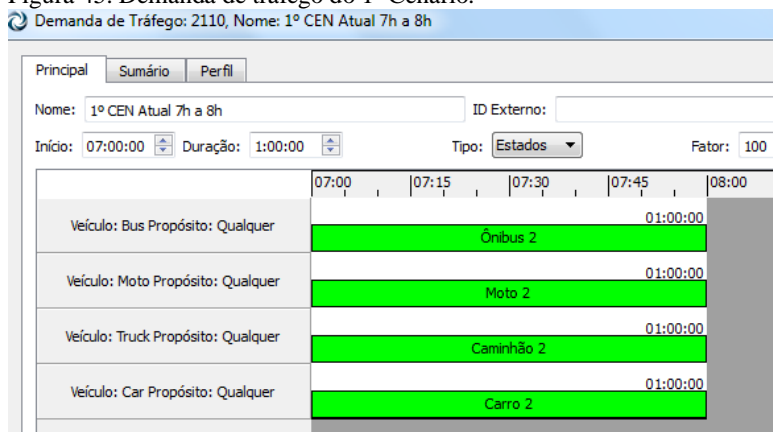
Fonte: acervo próprio.

Foram utilizados 10 estados de tráfego para compor as 4 Demandas de Tráfego de cada cenário. Observa-se que os estados de tráfego de carro, moto e ônibus do 1º e do 2º cenário são as mesmas; e do 3º e 4º cenário também, ou seja, há 4 estados de tráfego apenas para a categoria caminhões, e duas para cada categoria dos demais tipos de veículo.

Nas Figuras 45 a 48 é possível visualizar a montagem de cada demanda de tráfego.

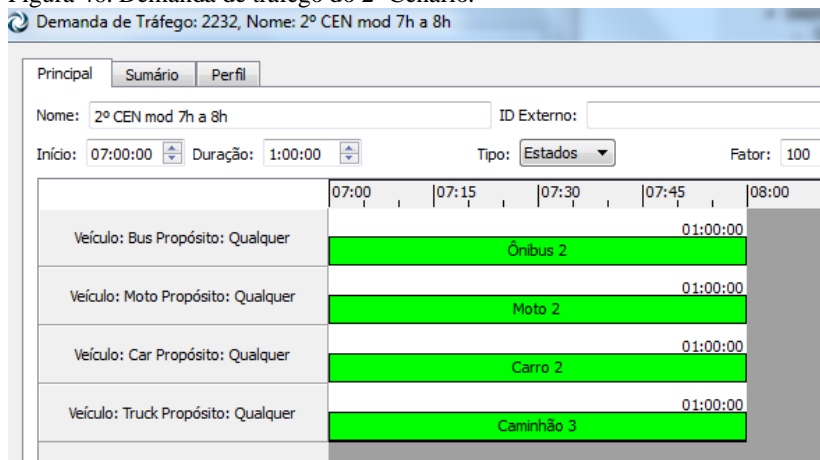


Figura 45. Demanda de tráfego do 1º Cenário.



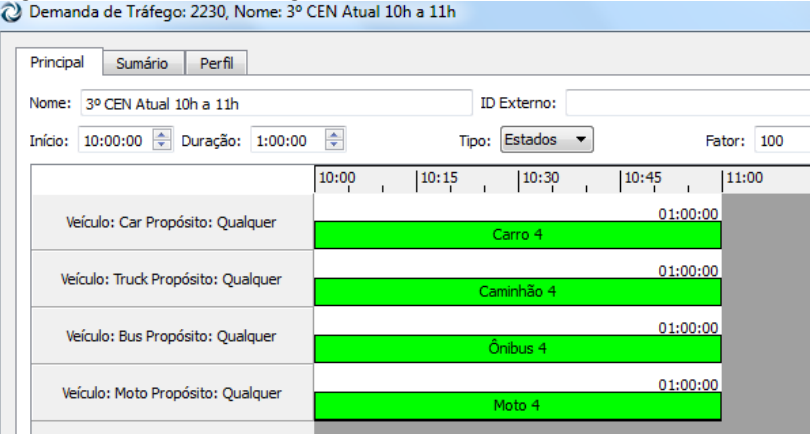
Fonte: acervo próprio.

Figura 46. Demanda de tráfego do 2º Cenário.



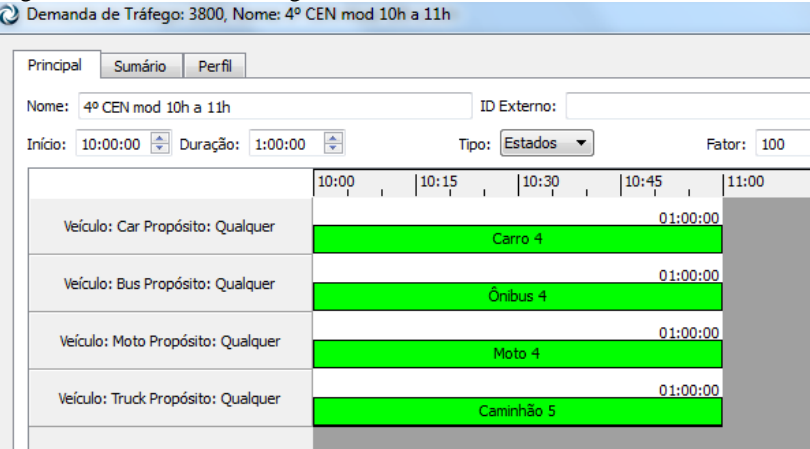
Fonte: acervo próprio.

Figura 47. Demanda de tráfego do 3º Cenário.



Fonte: acervo próprio.

Figura 48. Demanda de tráfego do 4º Cenário.



Fonte: acervo próprio.

#### 4.4.5. Planos de transporte coletivo

A princípio, pelo objetivo desta pesquisa, não seria necessário criar um plano de transporte coletivo, porém o estado de tráfego “ônibus” não realiza parada nos pontos de ônibus criados na malha, já que para o Aimsun as paradas de ônibus são vinculadas ao sistema de transporte coletivo e não a categoria veicular ônibus.

Como a parada de ônibus gera, no município de São José, uma situação de filas, pois em muitos casos não há como realizar a ultrapassagem, essa perturbação foi necessária para deixar o modelo mais próximo da realidade.

Os estados de tráfego da categoria ônibus incluem, então, apenas a circulação de ônibus de passagem. Os itinerários e intervalos horários das linhas de transporte coletivo foram formados conforme dados das contagem e das informações existentes nas empresas que operam dentro da área de estudo. Algumas linhas tiveram que sofrer alterações do itinerário em função que nem todas as vias que compõe o sistema viário do município foram possíveis de ser criadas.

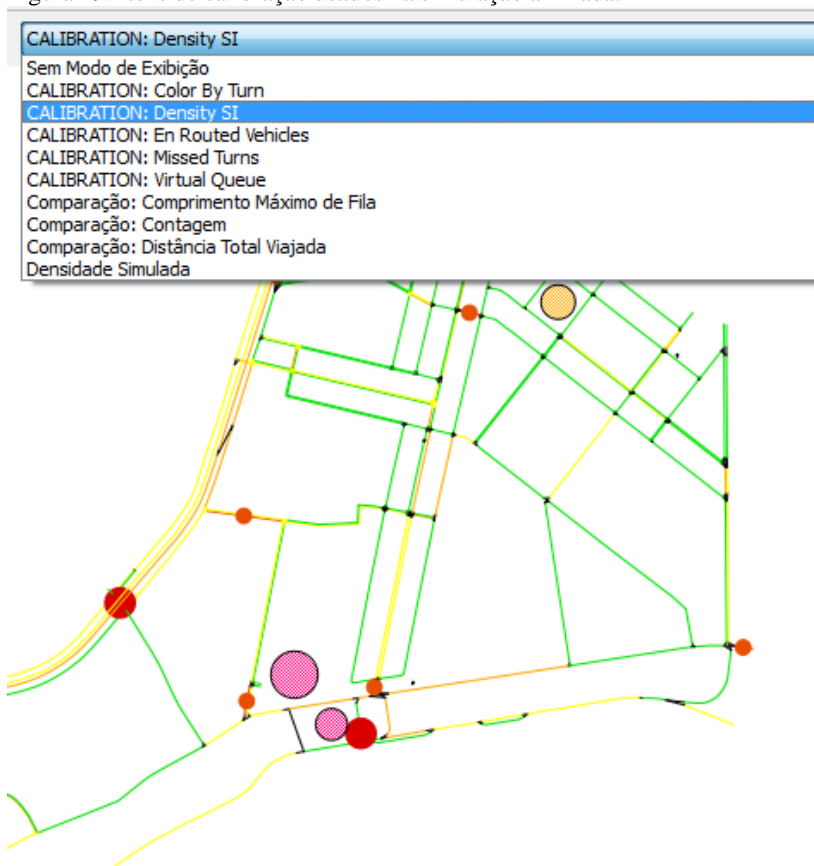
#### **4.4.6. Validação do sistema**

O Aimsun disponibiliza uma ferramenta que permite verificar e corrigir a rede simulada. Na aplicação desta verificação são apresentadas a existência de erros e avisos nos itens que são selecionados para serem avaliados. Como exemplos, em alguns avisos o Aimsun alerta sobre a velocidade calculada automaticamente em movimentos de determinados cruzamentos estarem muito baixas. Esses avisos são avaliados pelo usuário e este verificar que realmente há algo de errado é possível alterar essa velocidade, desmarcando a opção “velocidade automática” na configuração do nó e atribuindo a velocidade adequada.

Para realizar as validações necessárias foram realizadas replicações em simulação animada de cada cenário a fim de visualizar situações que não condiziam com o observado nos postos de contagem. Para fazer tais verificações utilizaram-se como base os itens de calibração do sistema que o Aimsun disponibiliza durante a replicação da simulação. Na Figura 49 é possível visualizar um exemplo de avaliação realizada em relação a Densidade, na simulação as cores das seções vão alterando conforme aumenta a densidade no trecho e em situações de formação de fila aparecem círculos sobre as seções que alteram sua tonalidade e tamanho conforme o tamanho da fila.

Em algumas situações havia formação de fila que paralisava por consequência diversos cruzamentos, inclusive em cruzamentos que normalmente não tem formação de filas na realidade. Para resolver essas situações foi necessário aplicar diversas repetições para verificar quais eram os fatores causadores de fila.

Figura 49. Itens de calibração usados na simulação animada.



Para corrigir essas incompatibilidades foram necessários alguns ajustes, tais como:

- Criação de “yellow boxes”, para que os veículos que possuíssem a preferência de passagem trancassem com menos frequência os cruzamentos, assim como diminuíssem a velocidade ao entrar no nó.
- Correções de percentuais e valores de fluxo veículos de alguns movimentos em nós/interseções, como o software gera tal informação automaticamente, dividindo em frações iguais para cada movimento, acaba por não condizer com o observado em campo.

- Alterações dos parâmetros dos veículos, como tempos de reação, velocidades máximas e mínimas, aceitação de ser guiado, distância entre veículos, etc.
- Modificação de preferência tipo “Pare” por “Dê a Preferência” em função da característica do tráfego local de normalmente adotar essa conduta em interseções muito movimentadas.
- Diminuição da velocidade de algumas seções da malha.

Após tais ajustes deu-se início as análises dos cenários.

#### 4.4.7. Análises dos cenários

Para cada cenário foi criado dez replicações para compor uma média da simulação.

Os dados do relatório da média de cada um dos cenários foram condensados nas tabelas que são apresentadas a seguir, de forma que facilitasse a análise comparativa entre eles.

Tabela 10. Tabela com gráfico de barras do comprimento médio de fila.

Comprimento Médio de Fila Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	309,89	veícs
2º Cenário	268,02	veícs
3º Cenário	64,2	veícs
4º Cenário	66,79	veícs

Fonte: acervo próprio.

Observa-se que há uma queda maior no comprimento médio de fila com a restrição de circulação imposta no 2º Cenário do que o acréscimo que ocorre na realocação deste tráfego no 4º Cenário.

Tabela 11. Tabela com gráfico de barras da densidade.

Densidade Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	15,16	veíc/km
2º Cenário	14,33	veíc/km
3º Cenário	6,09	veíc/km
4º Cenário	6,19	veíc/km

Fonte: acervo próprio.

Em relação a densidade em veículos por quilometro as variações são menores de cada cenário atual comparado com o cenário relativo alterado.

Tabela 12. Tabela com gráfico de barras da distância total viajada.

Distância Total Viajada Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	38498,26	km
2º Cenário	38400,14	km
3º Cenário	20715,29	km
4º Cenário	20896,95	km

Fonte: acervo próprio.

Na distância total viajada praticamente não há alterações, o que era esperado, pois as rotas não sofreram alterações.

Tabela 13. Tabela com gráfico de barras da fila virtual máxima.

Fila Virtual Máxima Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	23,56	veícs
2º Cenário	22,11	veícs
3º Cenário	5,11	veícs
4º Cenário	4,89	veícs

Fonte: acervo próprio.

A fila virtual consiste na fila que programa aloca antes da entrada do fluxo nas seções, que não é visualizada na simulação. É interessante

observar que o 4º Cenário teve em média uma fila virtual máxima menor que no 3º Cenário, que não possuía o acréscimo de caminhões.

Tabela 14. Tabela com gráfico de barras da fila virtual média

Fila Virtual Média Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	2,93	veícs
2º Cenário	2,5	veícs
3º Cenário	0,18	veícs
4º Cenário	0,21	veícs

Fonte: acervo próprio.

Por outro lado ao avaliar a fila virtual média, o 2º Cenário é maior que o 1º Cenário e o 4º Cenário é, também, maior que o 3º Cenário.

Entretanto em ambos os casos, fila virtual máxima e média, essa diferença é pequena.

Tabela 15. Tabela com gráfico de barras do tempo total de viagem.

Tempo Total de Viagem Todos		
Séries Temporais	Valor	Unidades
1º Cenário	1031,64	h
2º Cenário	993,82	h
3º Cenário	443,66	h
4º Cenário	450,87	h

Fonte: acervo próprio.

Novamente nota-se o mesmo comportamento de redução do 2º Cenário em relação ao 1º Cenário e o acréscimo do 4º Cenário para o 3º, e os valores se mantêm próximos.

Tabela 16. Tabela com gráfico de barras do tempo parado.

Tempo Parado Todos			
Séries Temporais	Valor	Desvio Padrão	Unidades
1º Cenário	20,43	1,22	seg/km
2º Cenário	18,5	1,05	seg/km
3º Cenário	9,42	0,28	seg/km
4º Cenário	10,00	0,2	seg/km

Fonte: acervo próprio.

Tabela 17. Tabela com gráfico de barras do tempo de atraso.

Tempo de Atraso Todos			
Séries Temporais	Valor	Desvio Padrão	Unidades
1º Cenário	31,04	1,7	seg/km
2º Cenário	28,05	1,29	seg/km
3º Cenário	13,68	0,35	seg/km
4º Cenário	14,4	0,21	seg/km

Fonte: acervo próprio.

Tabela 18. Tabela com gráfico de barras do tempo de viagem.

Tempo de Viagem Todos			
Séries Temporais	Valor	Desvio Padrão	Unidades
1º Cenário	91,7	1,7	seg/km
2º Cenário	88,7	1,32	seg/km
3º Cenário	74,57	0,48	seg/km
4º Cenário	75,57	0,3	seg/km

Fonte: acervo próprio.

É possível observar nas Tabelas 16, 17 e 18 o mesmo comportamento em relação aos tempos de parado, atraso e viagem e ambos possuem variações pequenas e similares.

Tabela 19. Tabela com gráfico de barras de velocidade.

Velocidade Todos			
Séries Temporais	Valor	Desvio Padrão	Unidades
1º Cenário	46,63	0,41	km/h
2º Cenário	47,61	0,36	km/h
3º Cenário	53,78	0,26	km/h
4º Cenário	53,34	0,19	km/h

Fonte: acervo próprio.

O 2º Cenário, em que há a restrição de caminhões há um ganho na velocidade em relação ao 1º Cenário e no 3º Cenário a velocidade é pouco maior que no 4º Cenário. Nota-se que mesmo com a realocação do tráfego de caminhões no 4º Cenário a velocidade não sofreu grandes reduções.



Tabela 20. Tabela com gráfico de barras da velocidade harmônica.

Velocidade Harmônica Todos				
Séries Temporais	Valor	Desvio Padrão	Unidades	
1º Cenário	39,38	16,9	km/h	
2º Cenário	40,7	16,77	km/h	
3º Cenário	48,31	16,25	km/h	
4º Cenário	47,67	16,44	km/h	

Fonte: acervo próprio.

A velocidade harmônica pode ser interpretada como a média de velocidade em toda a malha, e não apenas em alguns pontos, é a velocidade mais indicada para análise da velocidade geral do sistema viário.

Observa-se uma pequena variação das informações de velocidade da Tabela 19 para a Tabela 20. Sendo que os cenários com menor volume de caminhões (2º e 3º) apresentam velocidades maiores.

O software Aimsun gera, ainda, um quadro comparativo com os principais parâmetros de análise utilizados em simulação, na Tabela 21 é possível verificar essa síntese.

Tabela 21. Quadro comparativo gerado pelo software.

	Média 1º Cenário	Média 2º Cenário	Diferença	Média 3º Cenário	Média 4º Cenário	Diferença
Velocidade	46,63	47,61	0,98	53,78	53,34	-0,44
Fluxo	13564,67	13473,78	-90,89	7181,78	7295,00	113,22
Densidade	15,16	14,33	-0,83	6,09	6,19	0,10
Tempo de Viagem	91,70	88,70	-3,00	74,57	75,57	1,00
Tempo de Atraso	31,04	28,05	-2,99	13,68	14,40	0,72
Paradas	0,90	0,82	-0,08	0,53	0,56	0,03

Fonte: acervo próprio.

De modo geral, o que se percebe é que com a restrição de tráfego de caminhões imposta no 2º Cenário houve um pequeno aumento na velocidade, reduções no tempo de viagens, na densidade e no número de paradas.

Já ao adicionar o tráfego de caminhões restringidos ao fluxo normal da hora fora do período de pico da manhã houve pouca redução de velocidade, acréscimos na densidade, no tempo de viagens e número de paradas, como mostra o 3º Cenário.

Entretanto ao comparar as diferenças entre as reduções e os acréscimos percebeu-se que mesmo aumentando o volume de veículos no horário fora do pico, a perda de eficiência que obtido no 4º Cenário foi menor que o alívio obtido no 2º Cenário.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSÕES

No município de São José, mais precisamente nos bairros avaliados nesse estudo, o tráfego de passagem nas vias arteriais, como a BR 101 e BR 282 possui muita influência no tráfego local. Em certas situações, quando ocorrem incidentes nessas vias, a malha viária desses bairros é a primeira a sentir os efeitos de congestionamento. As possíveis causas são a proximidade com a capital, a concentração de edifícios residenciais com alto índice de ocupação e também pela sua própria atratividade comercial.

Esses fatos foram observados durante as visitas em campo, no momento das contagens, em conversas com os funcionários do departamento municipal de trânsito da cidade e também em notas do noticiário local.

Dada essas condições buscou-se por ferramentas que pudessem auxiliar no planejamento de transportes como um todo da cidade. Optou-se pela utilização de simulação de tráfego já que esta tem se mostrado uma ferramenta eficaz para a tomada de decisões, vindo a colaborar com a gestão pública.

Uma medida comumente adotada em diversos municípios para melhorias na circulação e diminuição de congestionamentos é a implementação de restrições de circulação de caminhões de modo horário ou permanente.

Com isso se verificou como a simulação de tráfego poderia auxiliar na avaliação dos impactos da aplicação de medidas restritivas de circulação para caminhões na malha urbana, tomando como estudo de caso a região central do município de São José.

Para realizar este trabalho foram selecionados alguns Polos Geradores de Viagens de Carga para análise da movimentação de veículos de carga na chegada e na saída destes estabelecimentos. Também foram levantados informações sobre o comportamento do tráfego local através de contagens e observações em campo.

Com as informações disponíveis foi possível realizar, com o uso do software Aimsun, a simulação do comportamento atual no sistema viário alvo do estudo, assim como verificar as consequências com a restrição de circulação de caminhões.

Durante a utilização do Aimsun foi possível verificar que o uso da microssimulação com este software permite que diversos aspectos

sejam avaliados ao mesmo tempo de forma completa, como sistemas de transporte público, programação semafórica, elaboração de rotas otimizadas, entre outros. Em função destas características o Aimsun pode ser considerado uma boa ferramenta de auxílio na tomada de decisão por parte da gestão pública, e terá melhor desempenho e resultados mais próximos da realidade caso maiores sejam o número de informações relativas a área de estudo.

Dentro da microsimulação a validação do sistema é uma importante etapa para construção e verificação do funcionamento do modelo. E o Aimsun permite atribuir informações bastante detalhadas, como clima, reação do motorista, velocidade de cada seção de via, velocidade ao realizar conversões, valores de aceleração e desaceleração para cada categoria de veículo criada, etc. Geralmente é difícil se obter com precisão todas as informações possíveis de serem inseridas no software, sendo que o mesmo já traz valores de referência. Porém deve se ter atenção em alterar tais valores para ajustar ao local de estudo. Essa etapa exige bastante atenção do usuário assim como tempo.

Na avaliação do 1º e 2º Cenários, observou-se que ao restringir a circulação de veículos de carga foram obtidos alguns ganhos na diminuição de tempos de viagens, diminuição do comprimento de filas, aumento de velocidade, entre outros. Porém, esses ganhos foram de certa forma pouco representativos, não obtendo diferenças consideráveis ao cenário atual.

Por outro lado, ao alocar o tráfego de caminhões no período fora do horário de pico da manhã houve poucas perdas ou agravamento das condições de trafegabilidade para a situação atual estimada no 3º Cenário. Isso mostra que mesmo que o ganho tenha sido pouco representativo, as perdas foram menores com a alocação do tráfego, ou seja a imposição da restrição de tráfego, de modo geral, teve bons resultados, melhorando as condições de circulação dentro da malha urbana.

Também foi possível observar com a simulação poucas situações de congestionamento extensivos, o que em teoria não demandaria de uma necessidade prática de restringir a circulação de caminhões. Entretanto há outros elementos que devem ser avaliados em conjunto para a tomada de decisão. Por exemplo, conforme mostram as estatísticas do DENATRAN (2014), no município de São José o volume da frota veicular municipal tem crescido em torno de 10mil veículos/ano, assim como das cidades vizinhas que também circulam diariamente dentro do município, essa condição vai modificar a situação atual de congestionamentos e capacidades das vias. Dessa forma é

necessário que haja uma reflexão maior sobre as questões de planejamento de transporte dentro do meio urbano.

O uso da simulação, como foi aplicado neste trabalho, se mostrou um bom meio para contribuir com a administração pública no planejamento eficaz com melhor visualização sobre as consequências das tomadas de decisão.

### 5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Observaram-se ao longo da execução da pesquisa alguns aspectos limitantes, tais como:

Tamanho da rede e número de informações: o sistema viário analisado, sendo muito extenso, resultou em um número elevado de nós e seções devido as características de formação da malha viária urbana. Dentro da microssimulação e para composição da demanda de tráfego por meio de estados de tráfego do Aimsun, quanto maior a quantidade de nós e seções há uma necessidade maior em relação ao número de dados e informações do sistema viário, como contagens, velocidade, entre outros. Como não havia a disponibilidade, ou a possibilidade de coleta em grande parte dos nós existentes, muitos valores foram atribuídos com base em observações simples realizadas *in loco*, como volumes de fluxo de cada movimento em interseções.

Disponibilidade de dados: em função da necessidade ampla de informações para compor o estudo não foi possível obter todos os dados utilizados do mesmo período, tendo que ser analisados com mais critério quanto ao seu uso direto e alguns dados existentes não haviam aplicabilidade.

Classificação veicular: os dados fornecidos haviam limitações quanto ao tipos de veículos que compões a classe de caminhões, sendo que dessa forma não foi possível verificar como se comportaria o tráfego com a permissão de veículos de carga menores ou saber qual é a proporção deles na composição do tráfego local.

Estacionamentos: o Aimsun não permite inserir informações a respeito de estacionamentos. Essa condição não possibilita a avaliação do comportamento do tráfego em situações que se deseja realizar a restrição quanto ao estacionamento.

## 5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas observações sobre o comportamento e características do tráfego local, e nos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos nessa temática sugere-se a realização das pesquisas citadas a seguir.

Seguindo a mesma linha de avaliação dos impactos da restrição de veículos de carga, é interessante realizar uma verificação dos benefícios obtidos com a restrição de veículos de carga de médio e grande porte em relação a vida útil dos pavimentos urbanos. Tendo em vista as condições observadas em campo essa situação se mostrou preocupante.

Realizar uma verificação por meio de microssimulação sobre o comportamento e os impactos da geração de viagens de modo geral, incluindo pedestres, veículos de carga, veículos de passeio nos Polos Geradores de Viagens estudados ou em PGV's similares de forma mais específica. O Aimsun possui ferramentas que permitem esse nível de detalhamento, e que para um caso específico dentro de uma malha viária menor pode vir a contribuir para o estudo de instalação desses empreendimentos.

Como complemento é interessante reavaliar o comportamento do tráfego futuro sem restrições de circulação de caminhões, quantificando o agravo da situação atual.

E ainda é possível ampliar os resultados com a possibilidade de dados de classificação dos veículos de carga mais detalhados, verificando qual a característica predominante de veículos de carga dentro da malha urbana.

A restrição de tráfego sugerida por este trabalho ainda pode ser avaliada de forma econômica e em relação a emissão de gases poluentes na atmosfera. Fatores que também são determinantes em muitas localidades para o emprego da restrição da circulação de caminhões em área urbana.

## REFERÊNCIAS

AIMSUN, Página principal. Disponível em:<<http://www.aimsun.com/>>. Acesso em: Maio de 2013

ALLEN, J., THORNE, G., BROWNE, M. **BESTUFS - Good Practice Guideon Urban Freight Transport**. 2007. University of Westminster, Rijswijk, Holanda.

ARIOTTI, P; MOSCARELLI, F. B.; CYBIS, H. B. B. **Associação de modelos macroscópicos e microscópicos de tráfego para estudo de circulação**. In: XVIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 2004, Florianópolis, Santa Catarina.

BARCELÓ, Jaume. **Fundamentals of Traffic Simulation**. International Series in Operations Research & Management Science. Volume 145. Springer Science Business Media. 2010. Disponível em <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6142-6/page/1#page-31>> . Acesso em: Maio de 2013

CALIPER, Página principal. Disponível em:< <http://www.caliper.com>>. Acesso em: Março de 2015

CAMPOS, V. B. G; D'AGOSTO, M. A.; SOUZA, C. D. R.; CRUZ I. **Polos Geradores de Carga (Capítulo 16)**. In: Polos geradores de viagem orientados a qualidade de vida e ambiental. Licínio da Silva Portugal (Org). Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2012.

CAPDEVILLE, A.; MOURA, M. V.; TACO W. G. **Transporte de carga urbana no estudo de impacto na circulação para Polos Geradores de Viagens: estudo do roteiro de RIC - Belo Horizonte**. In: 17º Congresso Brasileiro de Transportes e Trânsito, 2009, Curitiba, Paraná.

**Centro de Operações Prefeitura do Rio**. Disponível em: <<http://www.centrodeoperacoes.rio.gov.br/>> Acesso em: Setembro 2013.

CET-SP, **Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cetsp.com.br/>> Acesso em: Setembro 2013.

CHEU, R. L; TAN, Y.; LEE D. H. **Comparison of PARAMICS and GETRAM/AIMSUN Microscopic Traffic Simulation.** TRB Committee A3A11 – Traffic Flow Theory and Characteristics. 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Paper #04-2640. 2003.

CRUZ, M. M. L. **Avaliação dos impactos de restrições ao trânsito de veículos.** 2006. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DABLANC, L. **Entre police et service: l'action publique sur le transport de marchandises en ville. Le cas des métropoles de Paris et New York.** 1997. Tese de Doutorado. Humanities and Social Sciences. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. French, 1997.

DENATRAN, **Departamento Nacional de Trânsito.** Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/>>. Acessado em: Agosto de 2013.

DUTRA, N. G. S. **O enfoque de “City Logistics” na Distribuição de Encomendas.** 2004. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

EPTC, **Empresa Pública de Transporte e Circulação.** Porto Alegre. Disponível em <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/>>. Acesso em Outubro de 2013.

FACCHINI, D. **Análise dos gaps de percepção dos atores envolvidos no transporte urbano de carga em Porto Alegre.** 2006. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FIGUEIREDO, L. V. **Impactos Da Restrição Da Circulação De Veículos De Carga Na Emissão De Poluentes: Um Estudo De Caso Em Belo Horizonte.** 2013. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.



FURTADO, H. S. de O. **Uso da microssimulação na análise do impacto de um veículo urbano de carga sobre a operação do tráfego em área urbana.** 2013. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.

GASPARINI, A. **Atratividade do Transporte de Carga para Pólos Geradores de Viagem em áreas Urbanas.** 2008. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 2008.

GUIMARÃES, V. A., LEAL JR., I. C., D'AGOSTO, M. A., FERREIRA, A. F.; OLIVEIRA, C. M. **Desempenho ambiental de polos geradores de viagem de carga.** Journal of Transport Literature, 2014, vol. 8, n. 3, pp. 250-269.

GIPPS, P. G. **A behavioural car-following model for computer simulation.** Transportation Research Part B: Methodological, v. 15, n. 2, p. 105-111, 1981. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0191261581900370>>. Acesso em Novembro de 2013.

HALLMANN, H. V. **Comparação entre softwares simuladores de trânsito.** 2011. Monografia. Instituto de Informática, Curso de Ciências da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em Abril de 2013.

INRO, Página principal. Disponível em:< <http://www.inrosoftware.com>>. Acesso em: Março de 2015

ITS, Página principal. Disponível em:< <http://www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/>>. Acesso em: Março de 2015

KNEIB, E. C.; SILVA, P. C. M. da; PORTUGAL, L. S. **Impactos decorrentes da implantação de polos geradores de viagens na estrutura espacial das cidades** Revista Transportes, Vol. XVIII, nº 1, p. 27-35, março 2010.

LANDMANN, M. C. **Restrição de Tráfego: conceitos e procedimentos para estudo em áreas centrais.** 1994. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

LIMA Jr. O. F. **A carga na cidade: hoje e amanhã.** Revista dos Transportes Públicos – ANTP. Ano 25. 3º trimestre. 2003.

MARRA, Christian. **Caracterização de demanda de movimentações urbanas de carga.** 1999. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP.

MARTINS, R. S.; CAIXETA Filho, J. V. **Gestão logística do transporte de carga.** Editora Atlas. São Paulo, 2001.

MOAZAMI A.; NOROOZI, S. **Urban Freight Transport in the context of Urban Development.** 2011. Master of Science Thesis in Supply Chain Management and Production Engineering. Department of Technology Management and Economics - *Division of Logistics and Transportation*. Chalmers University Of Technology. Göteborg, Suécia, 2011.

MURTA, C. M. **Sistema de Informação Logística para Distribuição de Carga Urbana.** 1999. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1999.

OECD - Organisation For Economic Co-Operation And Development. **Delivering The Goods - 21st Century Challenges To Urban Goods Transport.** Transport urbain de marchandises. Les défis du XXI<sup>e</sup> siècle. Paris, 2003.

OLIVEIRA, L. K. **Discutindo as boas práticas de logística urbana para a realidade brasileira: um estudo prospectivo.** In: XXVI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 2012, Joinville, Santa Catarina.

OGDEN, K. W. **Urban Goods Movement, a Guide to Policy and Planning.** 1992. Editora Ashgate, England-UK.

PORTUGAL, F. C. **A Influência da Legislação no Transporte Urbano de Carga na Cidade do Rio de Janeiro.** 2007. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

PORTUGAL, Licínio da Silva. **Simulação de Tráfego: conceitos e técnicas de modelagem.** Ed. Interciência, Rio de Janeiro. 2005

POYARES, C. N. **Critérios para análise dos efeitos de políticas de restrição ao uso de automóveis em áreas centrais.** 2000. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia de Transportes - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000

**Prefeitura de Florianópolis.** Disponível em:

<<http://www.pmf.sc.gov.br/>>. Acesso em Outubro de 2013.

**Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro.** Disponível em:

<<http://www.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em Novembro de 2013.

**Prefeitura de São José.** Disponível em: < <http://www.pmsj.sc.gov.br/>>. Acesso em Abril de 2013.

**REDE PGV - Rede Ibero-Americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens.** Disponível em <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/>>. Acesso em Agosto de 2013.

SABRA, Z.; WALLACE, C., E.; LIN, F. **Traffic Analysis Software Tools. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD / NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** Circular Number E-CO14. 2000.

**SÃO PAULO. Decreto nº 33.272, de 11 de junho de 1993.** Dispõe sobre a zona de máxima restrição de circulação - zmrc, e dá outras providências. Disponível em: <[www.leismunicipais.com.br](http://www.leismunicipais.com.br/)>. Acesso em: Outubro 2013.

**SÃO PAULO. Decreto nº 37.185, de 20 de novembro de 1997.** Dispõe sobre o transito de caminhões nas vias do Município de São Paulo e nas Zonas de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC, e da outras providencias. Disponível em: <[www.leismunicipais.com.br](http://www.leismunicipais.com.br/)>. Acesso em: Outubro 2013.

SATURN, Página principal. Disponível em:<<http://www.saturnsoftware.co.uk/index.html>>. Acesso em: Março de 2015

SILVA, A. J. da. **Contribuição ao Planejamento do Transporte Urbano de Carga Pela Análise Física do Espaço Urbano**. 2006. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, J. M. S. de; GALVES, M. L.; PEIXOTO NETO, A. G. L.; BRAGA, M. de L. **Modelo de estruturação de problemas aplicado à distribuição urbana na região central de campinas**. In: XXVII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 2013, Belém, Pará.

SOUSA, D.L.M., e RIBEIRO, P. C. M., 2004, “Análise dos impactos causados no tráfego por alterações na rede viária, utilizando micro-simulação”. Anais do XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, ANPET, v. I, pp. 441-452 Florianópolis.

SYNCHRO, Página principal. Disponível em: <[http://www.trafficgroup.com/services/synChro\\_simtraffic\\_2D\\_simulation.html](http://www.trafficgroup.com/services/synChro_simtraffic_2D_simulation.html)>. Acesso em: Março de 2015

TAVARES, L. D. **Um simulador de tráfego urbano baseado em autômatos celulares**. 2010. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

TEIXEIRA, E. H. de S. de B. **Um Procedimento para Geração de Alternativas Operacionais de Gerenciamento do Tráfego Através da Micro Simulação**. 2006. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

TRAFFICWARE, Página principal. Disponível em:<<http://www.trafficware.com/>>. Acesso em: Março de 2015

VILARINHO, C. A. T. **Calibração de Modelos Microscópicos de Simulação de Tráfego em Redes Urbanas.** 2008. Dissertação de Mestrado, Especialização em Vias de Comunicação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2008.

VILANOVA, L., M. **SIRI - Um simulador mesoscópico para redes de semáforos.** Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/siri.pdf>. Acessado em: abril de 2015

VIOLATO, R. R.; SANCHES, S. da P. **Aceitabilidade de medidas de gestão da demanda.** In: Circulação a serviço da cidadania na cidade do século XXI, 1, 2001, Rio Grande do Sul, Anais do 13º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, São Paulo: ANTP, 2001.



## APÊNDICE I – QUESTIONÁRIOS

### Questionário 01 – Ao gerente/responsável da administração do estabelecimento

1. Identificação do estabelecimento:

---

2. Qual o tipo de mercadorias transportadas?

---

3. A empresa possui algum tipo de logística de distribuição de cargas?

---

4. Qual o dia da semana que possui maior recebimento de cargas?

---

5. Qual o dia da semana que possui maior despacho de produtos?

---

6. Qual o horário (pico) em que há maior concentração de chegada de caminhões?

---

7. Qual seria o mês do ano que a empresa tem maior demanda de movimentação de cargas?

---

8. Geralmente qual é a origem mais comum das cargas?

---

9. A empresa faz redistribuição de produtos em veículos longos?

---

10. Qual o tipo de caminhão mais comum na chegada de mercadorias?

---

11. Quantos caminhões chegam ao estabelecimento por dia (média)?

---

## Questionário 02 – Ao transportador de carga

Identificação do estabelecimento: \_\_\_\_\_

1. Qual é o endereço de origem da mercadoria até este destino?  
\_\_\_\_\_
2. Este é o destino final do transporte de carga? Se não qual é?  
\_\_\_\_\_
3. Existem outras localidades onde é realizada a distribuição de carga antes de chegar neste destino?  
\_\_\_\_\_
4. Quantas vezes por dia é realizada operação de carga e descarga neste estabelecimento?  
\_\_\_\_\_
5. E quantas vezes por semana é realizada operação de carga e descarga neste estabelecimento?  
\_\_\_\_\_
6. Qual a rota/itinerário dentro do município que o transportador utilizou hoje?  
\_\_\_\_\_
7. Qual a dimensão e tipo de veículo que você utiliza para o transporte de cargas?  
\_\_\_\_\_
8. Quais os tipos de cargas transportadas para este estabelecimento?  
\_\_\_\_\_
9. Qual o tempo aproximado de viagem da origem até este estabelecimento? Horário de saída e de chegada aproximado.  
\_\_\_\_\_
10. Quanto tempo em média leva para o descarregamento neste estabelecimento?  
\_\_\_\_\_



APÊNDICE II – PLANILHA DE CONTAGEM

CONTROLE DE TRÁFEGO

Identificação do local:

Tipo de veículo	Intervalo de horário					
	MOVIMENTO CONTROLADO:					
	06:30 a 06:45	6:45 a 07:00	07:00 a 07:15	07:15 a 07:30	7:30 a 7:45	7:45 a 8:00
CARROS, VANS, UTILITÁRIOS, VEÍCULOS LEVES						
1						
MOTOS						
2						
ÔNIBUS						
3						
CAMINHÕES						
4						



## APÊNDICE III – VOLUMES DA HORA DE PICO

Processador: LITOR4394 Endereço: 3MO - Rodovia BR-101 km 206,210 SENTIDO NORTE

Veículos em: Agosto / 2014

	Total	1	2	3	4	T 5	Q 6	Q 7	8	9	10	11	T 12	Q 13	Q 14	15
00:00 00:59	23.883	721	832	1.323	725	460	566	649	715	1.095	1.150	962	510	468	524	686
01:00 01:59	14.872	413	779	835	501	262	337	351	345	628	823	740	245	261	327	364
02:00 02:59	10.253	253	461	565	374	196	179	216	264	422	577	409	237	191	204	261
03:00 03:59	9.601	254	444	545	268	195	232	234	267	377	522	295	220	219	203	234
04:00 04:59	12.503	414	529	450	380	352	365	356	391	513	490	407	330	348	342	383
05:00 05:59	30.126	1.132	728	479	1.305	1.048	1.115	1.142	1.205	766	468	1.313	1.083	1.123	1.082	1.137
06:00 06:59	79.388	3.304	1.613	881	3.269	3.211	3.253	3.196	3.240	1.609	860	3.229	3.252	3.294	3.153	3.220
07:00 07:59	84.081	3.380	2.633	1.081	2.910	3.056	3.073	3.094	3.239	2.593	1.454	2.998	3.170	3.319	2.570	3.179
08:00 08:59	82.689	3.084	2.954	1.503	2.665	3.020	2.755	2.819	2.934	2.967	1.657	3.019	3.055	2.893	2.865	3.022
09:00 09:59	83.819	2.957	3.039	2.082	3.152	2.896	2.740	2.832	2.720	3.071	1.981	3.123	2.907	2.807	2.834	2.865
10:00 10:59	88.506	2.944	3.139	2.586	2.672	2.997	3.107	3.081	2.562	2.993	2.976	3.127	2.956	3.019	2.843	2.667
11:00 11:59	91.454	2.975	2.914	3.149	2.750	3.096	3.036	3.061	3.068	3.040	3.138	3.162	2.787	3.086	3.111	2.913
12:00 12:59	86.326	2.909	2.771	2.619	2.819	2.963	2.820	2.869	3.200	2.915	2.546	2.908	2.831	2.848	2.923	2.931
13:00 13:59	85.057	2.872	2.727	2.638	2.722	2.892	2.855	2.832	3.094	3.048	2.469	2.606	2.736	2.791	2.869	2.084
14:00 14:59	88.267	3.074	2.754	2.778	2.833	2.796	2.880	2.740	3.102	3.137	3.210	2.587	2.852	2.739	2.791	3.304
15:00 15:59	86.926	2.961	2.649	2.517	2.711	2.723	2.666	2.624	3.156	3.125	3.166	2.978	2.932	2.386	2.666	2.984
16:00 16:59	84.802	2.867	2.689	2.625	2.086	2.740	2.700	2.330	3.125	3.144	3.093	2.777	3.040	2.350	2.301	3.034
17:00 17:59	87.611	2.779	2.916	2.887	2.777	2.854	2.831	2.275	2.384	3.145	3.107	2.941	3.198	2.953	3.090	2.879
18:00 18:59	77.818	1.538	3.453	3.332	1.936	1.617	1.925	1.878	2.066	3.170	3.299	2.738	2.077	2.287	1.887	1.837
19:00 19:59	82.641	2.626	3.182	3.332	2.445	2.545	2.409	2.497	2.672	3.180	3.232	2.691	2.388	2.154	1.841	1.380
20:00 20:59	76.897	2.600	2.914	3.082	2.059	2.308	2.069	2.476	2.965	2.821	3.240	2.100	1.799	2.336	2.548	2.572
21:00 21:59	70.461	2.218	2.333	2.773	1.956	2.131	1.922	2.215	2.585	2.384	2.458	2.093	2.054	2.273	2.264	2.720
22:00 22:59	63.013	2.062	2.124	2.128	1.637	1.869	1.759	2.076	2.374	2.159	2.030	1.980	2.045	1.897	2.179	2.577
23:00 23:59	36.673	1.249	1.797	1.340	752	973	1.017	1.072	1.439	1.586	1.402	799	821	904	1.160	1.672
Total	1.537.667	51.586	52.374	47.530	47.704	49.200	48.611	48.915	53.112	53.888	49.348	51.982	49.525	48.946	48.577	50.905

Processador: LITOR4394 Endereço: 3MO - Rodovia BR-101 km 206,210 SENTIDO NORTE

Veículos em: Agosto / 2014

	16	17	18	T	Q	Q	22	23	24	25	T	Q	Q	29	30	31
	19	20	21	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00:00 00:59	1.131	1.175	679	441	501	626	710	939	1.182	740	413	487	589	686	1.027	1.171
01:00 01:59	754	702	458	286	285	344	384	683	786	506	264	270	297	314	600	728
02:00 02:59	427	540	347	172	205	266	256	443	603	348	175	188	220	228	461	565
03:00 03:59	422	499	244	211	187	211	255	411	591	256	206	186	229	255	440	489
04:00 04:59	560	478	332	329	341	338	364	482	424	345	360	359	347	413	535	446
05:00 05:59	709	465	1.288	1.115	1.103	1.067	1.082	701	430	1.283	1.093	1.133	1.164	1.143	738	486
06:00 06:59	1.484	805	3.297	3.348	2.857	3.029	2.907	1.716	794	3.143	3.114	3.011	3.345	3.357	1.736	861
07:00 07:59	2.519	1.134	3.302	3.289	2.941	2.905	3.053	2.867	1.268	2.966	2.983	2.899	3.315	2.835	2.886	1.170
08:00 08:59	2.753	1.302	3.013	3.015	2.933	2.931	2.869	2.971	1.529	2.736	2.868	2.669	2.893	2.746	3.133	1.116
09:00 09:59	2.934	1.724	2.815	2.716	2.694	2.635	2.739	3.078	1.978	2.703	2.770	2.810	2.840	2.932	3.093	1.352
10:00 10:59	2.852	2.050	2.975	3.001	2.935	2.948	2.928	3.056	2.421	2.925	2.850	3.055	2.867	3.141	2.908	1.925
11:00 11:59	2.845	1.993	2.971	3.152	2.962	3.055	2.976	3.007	2.785	2.834	2.962	3.048	2.993	3.025	2.945	2.615
12:00 12:59	2.663	2.284	2.957	2.937	2.886	2.847	2.783	2.810	2.352	2.535	2.633	2.827	2.853	2.838	2.793	2.456
13:00 13:59	2.575	2.515	2.908	2.670	2.879	2.737	2.692	2.832	2.651	2.529	2.733	2.833	2.904	2.881	2.873	2.610
14:00 14:59	2.698	1.744	2.893	2.970	2.918	2.737	2.670	2.948	3.187	2.569	2.649	2.692	2.783	2.808	2.864	3.560
15:00 15:59	3.154	3.001	2.766	2.672	2.974	2.685	2.454	2.862	2.840	2.819	2.486	2.637	2.774	2.670	2.805	3.083
16:00 16:59	3.023	2.849	2.795	1.924	2.871	2.561	2.625	2.877	2.951	2.710	2.570	2.555	3.025	2.727	2.728	3.110
17:00 17:59	3.086	2.974	2.993	1.301	2.873	2.731	2.634	2.956	3.035	3.022	2.602	2.717	2.987	2.779	2.845	3.060
18:00 18:59	3.017	3.422	2.977	1.766	2.575	3.004	1.795	3.215	3.333	2.857	1.580	2.782	1.877	2.125	2.915	3.538
19:00 19:59	2.796	3.251	2.444	2.564	2.776	2.662	2.504	3.138	3.355	2.451	2.170	2.727	2.212	2.561	3.114	3.342
20:00 20:59	2.397	2.791	2.035	2.148	2.153	2.212	2.693	2.641	3.045	1.972	2.143	2.285	2.352	2.783	2.707	2.651
21:00 21:59	1.956	2.271	2.100	2.202	2.199	2.252	2.767	2.149	2.575	2.061	2.087	2.197	2.147	2.771	2.225	2.123
22:00 22:59	1.935	1.753	1.868	1.922	2.022	2.063	2.386	1.975	2.220	1.814	1.930	2.107	1.939	2.483	2.060	1.640
23:00 23:59	1.700	1.183	777	912	927	1.066	1.394	1.660	1.294	717	940	986	994	1.578	1.536	1.026
Total	50.390	42.905	51.234	47.063	49.997	49.912	49.920	52.417	47.629	48.841	46.581	49.460	49.946	52.079	51.967	45.123

Processador: LITOR4394 Endereço: 3MO - Rodovia BR-101 km 206,210 SENTIDO NORTE													
Período Horário	SEMANA				Total Mês		Período Horário	SEMANA				Total Mês	
	1ª	2ª	3ª	4ª				1ª	2ª	3ª	4ª		Média
00:00 00:59	1.675	1.502	1.568	1.489	23.883		00:00 00:59	1,14%	1,02%	1,07%	1,02%	1,06%	1,55%
01:00 01:59	950	833	915	831	14.872		01:00 01:59	0,65%	0,57%	0,62%	0,57%	0,60%	0,97%
02:00 02:59	591	632	643	583	10.253		02:00 02:59	0,40%	0,43%	0,44%	0,40%	0,42%	0,67%
03:00 03:59	661	642	609	621	9.601		03:00 03:59	0,45%	0,44%	0,41%	0,43%	0,43%	0,62%
04:00 04:59	1.073	1.020	1.008	1.066	12.503		04:00 04:59	0,73%	0,69%	0,69%	0,73%	0,71%	0,81%
05:00 05:59	3.305	3.288	3.285	3.390	30.126		05:00 05:59	2,25%	2,24%	2,24%	2,32%	2,26%	1,96%
06:00 06:59	9.660	9.699	9.234	9.470	79.388		06:00 06:59	6,58%	6,60%	6,28%	6,49%	6,49%	5,16%
07:00 07:59	9.223	9.059	9.135	9.197	84.081		07:00 07:59	6,29%	6,16%	6,22%	6,30%	6,24%	5,47%
08:00 08:59	8.594	8.813	8.879	8.430	82.689		08:00 08:59	5,86%	5,99%	6,04%	5,77%	5,92%	5,38%
09:00 09:59	8.468	8.548	8.045	8.420	83.819		09:00 09:59	5,77%	5,81%	5,47%	5,77%	5,71%	5,45%
10:00 10:59	9.185	8.818	8.884	8.772	88.506		10:00 10:59	6,26%	6,00%	6,04%	6,01%	6,08%	5,76%
11:00 11:59	9.193	8.984	9.169	9.003	91.454		11:00 11:59	6,27%	6,11%	6,24%	6,17%	6,20%	5,95%
12:00 12:59	8.652	8.602	8.670	8.313	86.326		12:00 12:59	5,90%	5,85%	5,90%	5,69%	5,83%	5,61%
13:00 13:59	8.579	8.396	8.286	8.470	85.057		13:00 13:59	5,85%	5,71%	5,64%	5,80%	5,75%	5,53%
14:00 14:59	8.416	8.382	8.625	8.124	88.267		14:00 14:59	5,74%	5,70%	5,87%	5,56%	5,72%	5,74%
15:00 15:59	8.013	7.984	8.331	7.897	86.926		15:00 15:59	5,46%	5,43%	5,67%	5,41%	5,49%	5,65%
16:00 16:59	7.770	7.691	7.356	8.150	84.802		16:00 16:59	5,30%	5,23%	5,01%	5,58%	5,28%	5,51%
17:00 17:59	7.960	9.241	6.905	8.306	87.611		17:00 17:59	5,43%	6,28%	4,70%	5,69%	5,52%	5,70%
18:00 18:59	5.420	6.251	7.345	6.239	77.818		18:00 18:59	3,69%	4,25%	5,00%	4,27%	4,30%	5,06%
19:00 19:59	7.451	6.383	8.002	7.109	82.641		19:00 19:59	5,08%	4,34%	5,44%	4,87%	4,93%	5,37%
20:00 20:59	6.853	6.683	6.513	6.780	76.897		20:00 20:59	4,67%	4,54%	4,43%	4,64%	4,57%	5,00%
21:00 21:59	6.268	6.591	6.653	6.431	70.461		21:00 21:59	4,27%	4,48%	4,53%	4,41%	4,42%	4,58%
22:00 22:59	5.704	6.121	6.007	5.976	63.013		22:00 22:59	3,89%	4,16%	4,09%	4,09%	4,06%	4,10%
23:00 23:59	3.062	2.885	2.905	2.920	36.673		23:00 23:59	2,09%	1,96%	1,98%	2,00%	2,01%	2,38%
Total	146.726	147.048	146.972	145.987	1.537.667		Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Processador: LITOR4512 Endereço: 3RC - Rodovia BR 101 Km 208 SENTIDO NORTE - RL

Veículos em: Agosto / 2014

		T	Q	Q									T	Q	Q	
	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
00:00 00:59	4.032	120	171	200	99	67	97	128	123	182	214	108	91	74	88	109
01:00 01:59	2.520	71	134	177	66	48	45	55	80	92	137	73	55	34	40	52
02:00 02:59	1.752	53	99	116	37	37	35	34	37	92	127	34	43	23	27	37
03:00 03:59	1.444	31	61	122	22	16	25	30	29	90	95	30	22	11	23	34
04:00 04:59	1.563	42	89	89	26	26	33	45	39	90	102	32	27	28	31	35
05:00 05:59	2.991	118	92	85	118	99	101	98	106	103	75	105	108	93	94	113
06:00 06:59	17.174	686	233	91	714	733	767	723	772	240	86	749	731	752	696	735
07:00 07:59	30.892	1.215	450	127	1.084	1.400	1.378	1.339	1.329	524	156	1.358	1.323	1.356	1.383	1.273
08:00 08:59	25.640	974	598	154	584	1.060	1.034	1.087	1.026	703	133	1.099	1.111	1.020	1.001	1.086
09:00 09:59	19.700	726	639	228	0	782	831	874	732	648	242	854	794	741	761	731
10:00 10:59	18.628	693	576	256	0	709	758	690	744	666	404	745	713	652	686	698
11:00 11:59	20.372	715	587	402	359	763	757	749	754	729	490	799	735	740	703	780
12:00 12:59	22.131	810	541	330	690	834	1.107	843	1.026	591	389	884	802	838	838	764
13:00 13:59	24.988	942	486	316	985	1.093	923	1.085	963	527	318	1.050	1.010	938	951	963
14:00 14:59	22.758	806	452	383	729	946	1.007	804	851	562	378	1.150	803	772	763	772
15:00 15:59	21.040	786	546	512	602	683	867	777	802	557	630	853	672	752	650	831
16:00 16:59	20.856	726	500	525	467	703	595	1.001	724	569	764	674	484	1.098	676	900
17:00 17:59	24.276	914	555	564	774	861	731	1.113	1.059	545	678	830	852	850	839	976
18:00 18:59	30.569	1.232	625	810	1.097	1.293	1.040	1.244	1.144	652	831	989	1.232	1.031	1.172	1.130
19:00 19:59	24.000	905	688	734	940	976	735	982	926	597	741	590	634	1.041	1.052	1.128
20:00 20:59	14.407	495	509	454	380	460	413	518	524	502	457	434	347	478	473	804
21:00 21:59	13.287	382	405	363	377	403	414	444	473	371	347	471	425	451	462	521
22:00 22:59	11.500	352	335	247	312	412	395	456	444	381	271	376	404	426	430	480
23:00 23:59	6.318	281	294	172	121	172	194	212	302	260	172	156	147	156	176	252
Total	382.838	14.075	9.665	7.457	10.583	14.576	14.282	15.331	15.009	10.273	8.237	14.443	13.565	14.355	14.015	15.204

Processador: LITOR4512 Endereço: 3RC - Rodovia BR 101 Km 208 SENTIDO NORTE - RL

Veículos em: Agosto / 2014

	T	Q	Q							T	Q	Q					
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
00:00 00:59	215	196	88	92	111	93	121	210	210	96	58	100	101	98	190	182	
01:00 01:59	126	130	60	45	42	56	61	121	170	32	34	51	48	67	161	157	
02:00 02:59	79	93	30	30	55	37	42	98	115	29	20	35	31	33	87	107	
03:00 03:59	80	114	23	20	25	17	28	72	132	26	21	18	19	25	76	107	
04:00 04:59	75	94	40	29	25	36	35	68	103	21	26	34	37	41	84	81	
05:00 05:59	95	77	98	97	83	118	124	85	46	101	90	109	98	107	81	74	
06:00 06:59	227	66	717	729	680	774	766	249	98	751	747	806	750	751	258	97	
07:00 07:59	415	104	1.332	1.366	1.291	1.374	1.382	489	134	1.349	1.396	1.405	1.348	1.209	506	97	
08:00 08:59	614	126	1.055	1.075	1.031	1.094	1.053	743	146	1.116	1.030	1.053	1.062	979	686	107	
09:00 09:59	605	219	765	731	775	756	743	613	234	805	801	701	784	769	669	147	
10:00 10:59	619	292	704	698	707	663	671	615	270	717	695	702	667	731	649	238	
11:00 11:59	622	371	810	711	757	741	733	598	381	732	711	694	684	789	651	325	
12:00 12:59	583	354	832	817	781	826	847	569	297	860	758	822	779	823	613	283	
13:00 13:59	434	391	943	1.037	1.041	975	1.053	486	342	989	928	1.033	952	988	498	348	
14:00 14:59	457	1.308	850	824	794	758	797	480	422	784	832	768	728	826	540	412	
15:00 15:59	517	792	708	679	704	645	713	486	491	715	685	703	673	765	520	724	
16:00 16:59	520	949	700	710	721	653	770	509	463	691	671	644	676	736	526	511	
17:00 17:59	555	816	837	1.016	878	808	918	549	544	818	840	830	844	903	533	446	
18:00 18:59	642	780	961	1.231	948	945	1.204	716	726	949	1.119	988	1.157	1.144	919	618	
19:00 19:59	580	676	564	863	667	601	947	645	730	541	1.030	603	736	799	777	572	
20:00 20:59	448	469	430	431	405	457	510	444	443	403	420	422	463	515	485	414	
21:00 21:59	341	359	479	471	471	489	527	341	351	438	496	486	471	519	429	310	
22:00 22:59	321	216	339	415	422	416	437	371	243	357	422	411	390	461	347	211	
23:00 23:59	282	159	159	164	188	197	273	294	136	126	177	172	182	284	317	141	
Total	9.452	9.151	13.524	14.281	13.602	13.529	14.755	9.851	7.227	13.446	14.007	13.590	13.680	14.362	10.602	6.709	

Processador: LITOR4512 Endereço: 3RC - Rodovia BR 101 Km 208 SENTIDO NORTE - RL													
Período Horário	SEMANA				Total Mês		Período Horário	SEMANA					Total Mês
	1ª	2ª	3ª	4ª				1ª	2ª	3ª	4ª	Média	
00:00 00:59	292	253	296	259	4.032		00:00 00:59	0,66%	0,60%	0,71%	0,63%	0,65%	1,05%
01:00 01:59	148	129	143	133	2.520		01:00 01:59	0,33%	0,31%	0,35%	0,32%	0,33%	0,66%
02:00 02:59	106	93	122	86	1.752		02:00 02:59	0,24%	0,22%	0,29%	0,21%	0,24%	0,46%
03:00 03:59	71	56	62	58	1.444		03:00 03:59	0,16%	0,13%	0,15%	0,14%	0,15%	0,38%
04:00 04:59	104	86	90	97	1.563		04:00 04:59	0,24%	0,21%	0,22%	0,23%	0,22%	0,41%
05:00 05:59	298	295	298	297	2.991		05:00 05:59	0,67%	0,70%	0,72%	0,72%	0,70%	0,78%
06:00 06:59	2.223	2.179	2.183	2.303	17.174		06:00 06:59	5,03%	5,20%	5,27%	5,58%	5,27%	4,49%
07:00 07:59	4.117	4.062	4.031	4.149	30.892		07:00 07:59	9,32%	9,69%	9,73%	10,05%	9,70%	8,07%
08:00 08:59	3.181	3.132	3.200	3.145	25.640		08:00 08:59	7,20%	7,47%	7,73%	7,62%	7,50%	6,70%
09:00 09:59	2.487	2.296	2.262	2.286	19.700		09:00 09:59	5,63%	5,48%	5,46%	5,54%	5,53%	5,15%
10:00 10:59	2.157	2.051	2.068	2.064	18.628		10:00 10:59	4,88%	4,89%	4,99%	5,00%	4,94%	4,87%
11:00 11:59	2.269	2.178	2.209	2.089	20.372		11:00 11:59	5,13%	5,19%	5,33%	5,06%	5,18%	5,32%
12:00 12:59	2.784	2.478	2.424	2.359	22.131		12:00 12:59	6,30%	5,91%	5,85%	5,72%	5,94%	5,78%
13:00 13:59	3.101	2.899	3.053	2.913	24.988		13:00 13:59	7,02%	6,91%	7,37%	7,06%	7,09%	6,53%
14:00 14:59	2.757	2.338	2.376	2.328	22.758		14:00 14:59	6,24%	5,58%	5,74%	5,64%	5,80%	5,94%
15:00 15:59	2.327	2.074	2.028	2.061	21.040		15:00 15:59	5,27%	4,95%	4,90%	4,99%	5,03%	5,50%
16:00 16:59	2.299	2.258	2.084	1.991	20.856		16:00 16:59	5,20%	5,38%	5,03%	4,82%	5,11%	5,45%
17:00 17:59	2.705	2.541	2.702	2.514	24.276		17:00 17:59	6,12%	6,06%	6,52%	6,09%	6,20%	6,34%
18:00 18:59	3.577	3.435	3.124	3.264	30.569		18:00 18:59	8,09%	8,19%	7,54%	7,91%	7,93%	7,98%
19:00 19:59	2.693	2.727	2.131	2.369	24.000		19:00 19:59	6,09%	6,50%	5,15%	5,74%	5,87%	6,27%
20:00 20:59	1.391	1.298	1.293	1.305	14.407		20:00 20:59	3,15%	3,10%	3,12%	3,16%	3,13%	3,76%
21:00 21:59	1.261	1.338	1.431	1.453	13.287		21:00 21:59	2,85%	3,19%	3,46%	3,52%	3,25%	3,47%
22:00 22:59	1.263	1.260	1.253	1.223	11.500		22:00 22:59	2,86%	3,00%	3,03%	2,96%	2,96%	3,00%
23:00 23:59	578	479	549	531	6.318		23:00 23:59	1,31%	1,14%	1,33%	1,29%	1,27%	1,65%
Total	44.189	41.935	41.412	41.277	382.838		Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%



## APÊNDICE IV – VOLUMES ABRIL E SETEMBRO

ABRIL															
Dia/Semana	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER
Veículo/Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Caminhão	10108	8233	6647	5866	4000	1717	5755	7027	6965	6767	6151	4237	3356	2242	3370
Carro	29214	29830	33662	38016	38764	25035	35687	32308	33387	35008	38289	40268	35736	12257	17567
Moto	4301	3098	3830	4600	3547	1769	5042	4730	4525	4726	4639	3265	2490	1964	2155
Ônibus	802	668	603	589	386	213	622	654	612	628	674	440	385	279	275
Total	44425	41829	44742	49071	46697	28734	47106	44719	45489	47129	49753	48210	41967	16742	23367
QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	Total
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
6187	5748	2074	1962	1835	3207	5929	6981	6496	4219	4377	3356	5909	7174	6618	154513
32546	39408	37694	34342	39161	45588	37113	33656	32702	24256	38514	36597	33912	33436	35532	1009485
3767	3464	2729	2966	1855	2711	4080	4376	4287	3163	3639	2337	4607	4597	4021	107280
614	666	414	339	194	365	605	659	596	468	457	318	644	673	680	15522
43114	49286	42911	39609	43045	51871	47727	45672	44081	32106	46987	42608	45072	45880	46851	1286800
Equipamento:		<b>LITOR4395</b>		Localização:		<b>km 211</b>		<b>Palhoça</b>		<b>sentido norte</b>					

SETEMBRO															
Dia/Semana	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG
Veículo/Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Caminhão	5830	6889	6825	6433	5870	4056	2719	5736	7091	7141	6850	6116	4294	3122	5687
Carro	35622	33100	30640	33375	38443	41558	36737	36436	31524	32796	36682	37869	41672	40842	33209
Moto	3915	3138	2737	2782	3336	2507	2009	3795	3851	3609	3841	3553	3261	2291	3739
Ônibus	648	623	568	596	646	387	303	629	609	640	700	618	459	407	572
Total	46015	43750	40770	43186	48295	48508	41768	46596	43075	44186	48073	48156	49686	46662	43207
TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
7030	6511	6490	5233	3766	2556	5556	6652	6522	6450	5584	4200	2894	5288	5203	164594
34198	31472	33162	36034	38810	38002	34080	32842	32277	33221	36428	40765	35561	34841	15637	1047835
3855	3661	2846	3369	3017	2105	4156	4054	2826	4052	3769	2572	1186	3119	1702	94653
635	691	675	676	482	392	717	707	659	725	754	464	365	671	532	17550
45718	42335	43173	45312	46075	43055	44509	44255	42284	44448	46535	48001	40006	43919	23074	1324632
Equipamento:		<b>LITOR4395</b>		Localização:		<b>km 211</b>		<b>Palhoça</b>		<b>sentido norte</b>					